

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

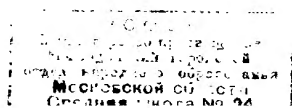
Н. К. АНДРИАНОВ, А. Д. МАРЛЕНСКИЙ

ШКОЛЬНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Пособие для учителей

8521

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977



- А65 Андрианов Н. К. и Марленский А. Д.
Школьная астрономическая обсерватория. По-
сobie для учителей. М., «Просвещение», 1977.
176 с. с ил

В книге рассказано о том, как оборудовать учебную астрономическую обсерваторию и как проводить в ней астрономические наблюдения. Даны подробные указания об изготовлении телескопов и вспомогательных приборов и принадлежностей к ним с необходимыми рисунками и чертежами.

А $\frac{60501-377}{103(03)-77}$ 144-77

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая книга написана на основании многолетнего опыта работы астрономической обсерватории Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина, астрономической обсерватории, созданной Н. К. Андриановым в г. Златоусте Челябинской области, и обобщения опыта ряда других учебных обсерваторий.

Хотя книга предназначена в основном для преподавателей астрономии средних школ, ее содержание должно привлечь внимание и преподавателей астрономии педагогических институтов. Кроме того, как нам кажется, книга может заинтересовать любителей астрономии, а также любителей телескопостроения и астроприборостроения.

Глава I, посвященная созданию и оборудованию учебной астрономической обсерватории, написана А. Д. Марленским. Остальные главы книги написаны Н. К. Андриановым.

Приобретение достаточно крупного телескопа (с отверстием выше 100—130 мм) в настоящее время является делом весьма трудным, в особенности для школ. Между тем такой телескоп крайне необходим для учебной астрономической обсерватории, ибо с его помощью можно было бы поставить много интересных и ценных наблюдений по астрофизической тематике. Поэтому глава II нацеливает преподавателя астрономии на изготовление своими силами достаточно крупного телескопа-рефлектора системы Ньютона со сферическим главным зеркалом. Такой телескоп с отверстием до 150—200 мм нетрудно сделать своими силами при самых минимальных материальных затратах.

Изготовление телескопов более сложных систем с асферическими зеркалами здесь не рассматривается, ибо является темой специальной книги. Вместо этого авторы сочли целесообразным подробно остановиться на всех этапах изготовления сферического астрономического зеркала, учитывая, что именно эта стадия в изготовлении самодельного рефлектора наиболее ответственна и для начинающих пред-

ставляет наибольшие трудности. Все, что описано и рекомендовано в книге, было неоднократно проверено на практике.

В главе III, написанной почти полностью на оригинальном материале, содержатся конкретные указания к изготовлению необходимых для учебной астрономической обсерватории астрофизических приборов и принадлежностей к телескопам.

Вопросам, связанным с организацией и методикой проведения учебных астрономических наблюдений, посвящена глава IV. В ней преподаватель астрономии найдет конкретные рекомендации к проведению как ознакомительных, так и тематических учебных наблюдений невооруженным глазом, а также с помощью бинокля и небольших телескопов.

Пользуясь случаем, авторы выражают глубокую благодарность профессору В. И. Курышеву, директору Московского планетария К. А. Порцевскому, а также известному телескопостроителю инженеру А. С. Фомину за ценные указания, использованные при работе над книгой.

Авторы с благодарностью воспримут от читателей все критические замечания.

*Н. К. Андрианов,
А. Д. Марленский*

Глава I

СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

§ 1. Общие соображения

С точки зрения целевого назначения все существующие астрономические обсерватории можно условно подразделить на четыре типа: научно-исследовательские, народные, любительские и учебные обсерватории.

На научно-исследовательских обсерваториях, располагающих современным, самым совершенным, а порой и уникальным оборудованием и высококвалифицированным штатом астрономов-специалистов, проводятся фундаментальные научно-исследовательские работы по разнообразной астрофизической и астрометрической тематике.

Народные обсерватории, располагающие, как правило, значительно более скромным оборудованием и весьма небольшим штатом сотрудников, предназначены главным образом для широкой пропаганды и популяризации современных астрономических знаний среди населения. Особенно эффективна деятельность народных обсерваторий, организованных при планетариях. Такие обсерватории обычно объединяют вокруг себя и многих любителей астрономии самых различных возрастов и профессий.

Любительские астрономические обсерватории, создаваемые силами отдельных любителей и коллективами любителей астрономии и телескопостроения, чаще всего весьма скромны по размерам и оборудованы самодельными инструментами. Впрочем, отдельными любителями созданы весьма сильные телескопы с отверстием до 200—300 мм и выше на совершенных параллактических установках, а также изготовлены различные вспомогательные приборы и принадлежности к телескопам. Как правило, такие самодельные телескопы по сво-

им оптико-механическим качествам почти не уступают аналогичным по размерам телескопам фабричного изготовления и вместе с дополнительным оборудованием могут быть использованы для проведения серьезных наблюдений, имеющих научную ценность.

Наконец, особую категорию составляют учебные астрономические обсерватории, создаваемые при средних школах и педагогических институтах и предназначенные главным образом для обеспечения высококачественного проведения наблюдений, предусмотренных учебной программой по астрономии, а также для развертывания кружковой работы с тематикой, нередко выходящей за рамки этой программы. Кроме того, учебные астрономические обсерватории при педагогических институтах должны обеспечить постановку целого ряда курсовых работ, связанных с наблюдениями, а также некоторых работ научно-исследовательского характера.

Разумеется, только что приведенное разграничение астрономических обсерваторий по типам с точки зрения их целевого назначения не является вполне категоричным. В действительности нередко одна и та же обсерватория выполняет научные, просветительные и учебные функции.

Для успешной постановки преподавания астрономии в средней школе должен быть астрономический кабинет или астрономический уголок при физическом кабинете и учебная астрономическая обсерватория.

В педагогических институтах для обеспечения успешного преподавания астрономии требуются более обширные помещения. Они должны состоять из лекционного зала, нескольких комнат для проведения лабораторных работ, фотокомнат, небольшой мастерской и комнаты наблюдателей. В идеале все эти помещения должны находиться рядом с астрономической обсерваторией и в целом представлять единый учебный комплекс в здании института или находиться поблизости от него в соседнем здании.

Выбор места для сооружения учебной астрономической обсерватории, ее тип и размеры определяются на основе местного ландшафта, имеющихся под руками строительных материалов, отпущенных для строительства средств, количеством и параметрами намеченных к установке инструментов.

Типовой учебной астрономической обсерваторией средней школы следует считать астрономическую площадку с примыкающим к ней астрономическим павильоном, в котором стационарно установлен телескоп.

В педагогических институтах имеется больше средств, поэтому они вместо павильона могут строить более современные сооружения — астрономические башни с вращающимися куполами.

Наиболее просто создать астрономическую обсерваторию вблизи учебного заведения на свободном земельном участке с открытым для обозрения горизонтом, в особенности в южном направлении.

В условиях города найти такое место бывает затруднительно, поэтому учебные астрономические обсерватории следует делать на крышах зданий школ и педагогических институтов.

При таком расположении становится менее заметным влияние уличных фонарей и других посторонних источников света, а все сооружения обсерватории лучше сохраняются.

Учебную обсерваторию на земной поверхности, состоящую из астрономической площадки и одного павильона для телескопа, вполне могут построить учащиеся под руководством преподавателя в свободное от занятий время.

Постройка учебной астрономической обсерватории на крыше здания должна производиться на основе предварительно составленного проекта, утвержденного соответствующими организациями.

При разработке конкретных проектов можно воспользоваться «Альбомом примерных решений комплексных астрономических и географических учебных площадок и астрономических обсерваторий для средних школ и педагогических институтов», который в 1958 г. был разработан и составлен в Гипропросе Министерства просвещения РСФСР авторским коллективом в составе: А. Д. Марленского, Н. К. Семакина, К. Д. Френкеля и К. В. Мистюк.

Рассмотрим последовательно описание астрономических площадок, павильонов и башен, при этом более подробно остановимся на том оборудовании, которое придется делать своими руками.

§ 2. Планировка и оборудование астрономической площадки

Опишем астрономическую площадку, расположенную на земной поверхности. Площадка может быть квадратной, круглой или прямоугольной формы. Она должна

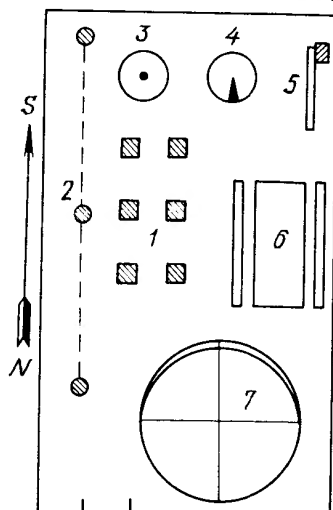


Рис. 1. Планировка учебной астрономической обсерватории.

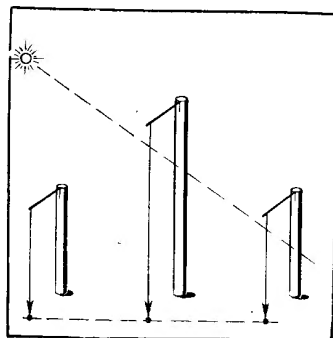


Рис. 2. Нитяной пассажный инструмент.

быть достаточно просторной (площадью не менее 30—40 м²), чтобы на ней могла поместиться группа учащихся в 20—25 человек. Площадку квадратной или прямоугольной формы нужно ориентировать так, чтобы две ее стороны были направлены с севера на юг, а другие две — с востока на запад. Участок земли, отведенный под площадку, необходимо разровнять и после установки необходимого оборудования вымостить щебнем и зацементировать. По краям площадку следует огородить, оставив с одной стороны небольшой проход. Неплохо также разместить на периферии площадки кустарниковые насаждения.

На площадке в определенном порядке (рис. 1) устанавливают: несколько невысоких столбов 1 с горизонтальной поверхностью для переносных инструментов, большую модель небесной сферы 7, солнечные часы 4, гномон 3, нитяной пассажный инструмент 2 и небольшой стол 6 со скамейкой для записи наблюдений, рассматривания звездной карты

и т. д. Очень полезно также установить вертикальный квадрант 5. Если имеется возможность, то к астрономической площадке (с соблюдением необходимых мер предосторожности) можно подвести ток от городской электросети. Розетки лучше установить под крышкой стола. Там же можно поместить и понижающий трансформатор для питания электроламп на 3,5—6 В.

Столбики для установки переносных инструментов можно сделать из бетона или из кирпича. Над поверхностью земли столбики должны возвышаться на 80—100 см.

Нитяной пассажный инструмент (рис. 2) позволяет наблюдать прохождение светил через меридиан как при верхней, так и при нижней кульминации. Он состоит из трех глубоко вкопанных в землю столбов, снабженных кронштейнами для нитяных отвесов. Нити должны располагаться на прямой линии, ориентированной точно вдоль меридиана.

Высота среднего столба около 4 м, а крайних — до 1,5 м. Расстояние между столбами — по 2 м. Для изготовления отвесов лучше использовать толстую белую нитку или алюминиевую проволоку. Чтобы нити отвесов были лучше видны на темном фоне неба, их надо освещать ручным фонариком.

Для определения зенитных расстояний светил в верхней кульминации можно изготовить вертикальный квадрант. Его устройство понятно из рисунка 3, а. На вкопанном в землю вертикальном столбе высотой в рост человека укрепляют равнобедренный прямоугольный тре-

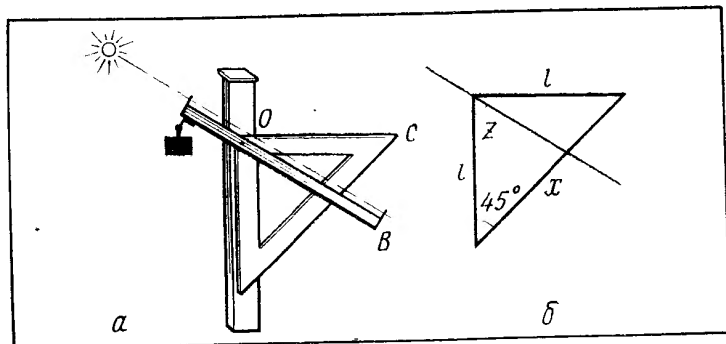


Рис. 3. Вертикальный квадрант.

угольник. Точность установки проверяют уровнем, который кладут на горизонтальный катет. Для нанесения градусных делений вдоль гипотенузы треугольника от 0 до 90° можно использовать формулу:

$$x = l \frac{\sin z}{\sin (135^\circ - z)},$$

где z — зенитное расстояние,

l — длина катета,

x — расстояние соответствующего деления от нижнего конца гипотенузы (рис. 3, б).

Значительная длина этой рейки позволяет нанести на нее деления с точностью до десятых долей градуса.

Вращающаяся около горизонтальной оси рейка B снабжена на концах визирами, с помощью которых и производится ее наводка на светило. Прибор позволяет определять зенитные расстояния с точностью до 10'.

При замене визиров на небольшую трубу точность измерений возрастает в два-три раза. Для уравнивания подвижной рейки полезно на ее переднем конце с помощью небольшого кронштейна подвесить груз.

Квадрант можно укрепить на среднем столбе нитяного пассажного инструмента на стороне, противоположной нитяному отвесу.

На астрономической площадке устанавливают горизонтальные или экваториальные солнечные часы.

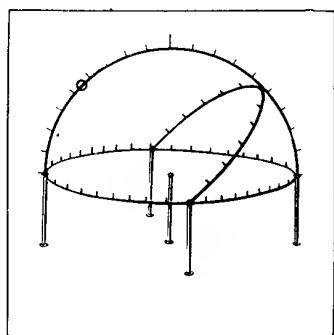


Рис. 4. Большая модель небесной сферы на астрономической площадке.

Гномон может быть выполнен в виде конусообразного деревянного столбика высотой до 1,0 м. Его вертикальность нужно тщательно проверить с помощью отвеса. С северной стороны от гномона должна быть сделана надлежащих размеров горизонтальная площадка для наблюдений за его тенью.

Весьма важно на астрономической площадке иметь большую модель небесной сферы (рис. 4), войдя внутрь

которой учащиеся могут видеть в проекции расположение главных линий и точек на небе, а также проводить упражнения по отсчету горизонтальных и экваториальных координат видимых светил.

Модель выполняют в виде полусферы диаметром 3—5 м и укрепляют на столбах на высоте 120—130 см. Материалом для сферы могут служить трубы диаметром 1,5—2 см или полосовое железо.

На модели должны быть представлены следующие линии: небесный меридиан, математический горизонт, небесный экватор, первый вертикал, а также точки севера, юга, востока, запада, зенита и северного полюса мира.

Для отсчета азимутов и высот светил необходимо вдоль математического горизонта и небесного меридиана проставить небольшие выступы-деления с интервалом в 10° .

Для отсчета часовых углов деления надо проставить с интервалом в 1 час $= 15^\circ$.

Для предохранения от сырости все оборудование, стационарно расположенное на площадке, следует покрасить, а металлические подвижные соединения регулярно смазывать машинным маслом.

Из переносных приборов, дополняющих оборудование астрономической площадки, отметим рамку для зарисовки созвездий, звездную указку, угломерный прибор, высотомер, модель универсального инструмента и проволочную модель небесной сферы.

Рамка для зарисовки созвездий (рис. 5) представляет собой деревянный брусок длиной 60 см, на одном конце которого находится фанерная рамка, а на другой — визир. Прибор снабжается простейшей азимутальной установкой (на чертеже не показана). Сеть натянутых нитей, которыми отверстие рамки разбивается на небольшие квадратики, облегчает зарисовку созвездий. Размеры рамки должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы площадь обозреваемого участка неба была не менее 100—150 квадратных градусов.

Звездная указка (рис. 6) состоит из небольшой деревянной рамки с параллельными планками. Прицелившись одной из планок на звезду, мы ориентируем в том же направлении и остальные планки. Прибор монтируется на простейшем азимутальном штативе.

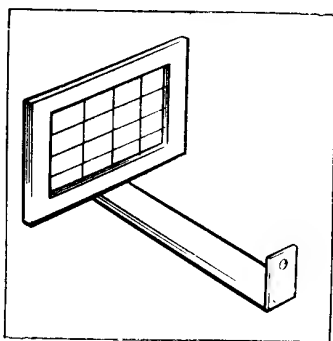


Рис. 5. Рамка для зарисовки созвездий.

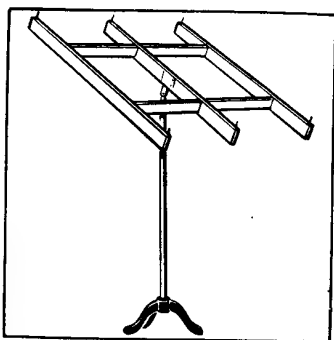


Рис. 6. Звездная указка.

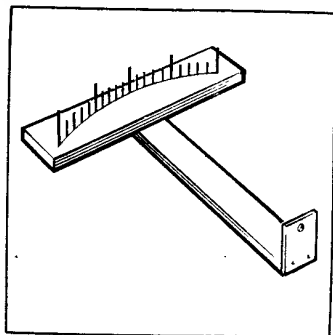


Рис. 7. Угломерный прибор.

Простейший угломерный прибор (рис. 7) состоит из деревянного бруска длиной 60 см, к которому с одной стороны присоединен визир, а с другой — широкая деревянная планка с расположенными по дуге окружности булавками или мелкими гвоздиками с интервалом в 1 см. При радиусе упомянутой окружности (с центром в отверстии визира) 57,3 см интервалы между соседними булавками, рассматриваемыми через отверстие визира, будут соответствовать одному градусу дуги. Прибор служит для приближенных угловых измерений на небе. Им можно пользоваться без штатива, держа в руках и приставив глаз вплотную к отверстию визира.

Высотомер (рис. 8) состоит из деревянной линейки с булавками (вместо визиров) на концах, к которой присоединен обычный школьный транспортир и небольшой отвес. После наводки линейки на светило производится отсчет его высоты по шкале транспортира. Прибор можно укрепить на деревянной подставке с горизонтальной осью вращения.

Простейшая модель универсального инструмента (рис. 9) состоит из двух градуированных кру-

гов, вращающихся вокруг горизонтальной и вертикальной осей, визирной трубки, компаса и уровня.

Эта модель служит для объяснения сущности методов, при помощи которых измеряют высоты и азимуты светил.

Сами измерения проводят при помощи теодолитов. Для учебных целей более подходят старые марки теодолитов с открытыми шкалами.

Если на астрономической площадке нет большой небесной сферы, то для тех же целей может быть приспособлена небольшая проволочная модель небесной сферы (рис. 10).

Проволочную модель устанавливают по широте и ориентируют так, чтобы ее ось вращения была направлена на северный полюс мира, т. е. практически на Полярную звезду. Располагая глаз в различных плоскостях модели, можно определить положения соответствующих линий на небе, т. е. положения математического горизонта, небесного меридиана, небесного экватора.

Наконец, для фотографирования неба с небольшими экспозициями (до 5—10 мин) можно изготовить экваториальный столбик (рис. 11), конструкция которого была предложена еще С. В. Ор-

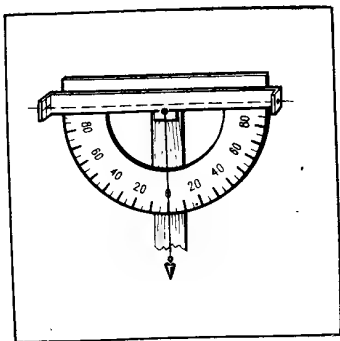


Рис. 8. Высотомер.

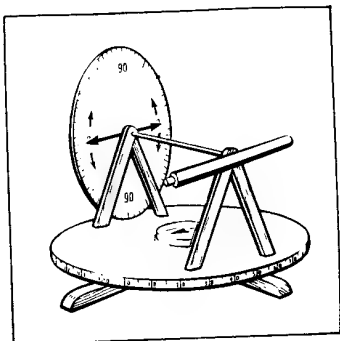


Рис. 9. Модель универсального инструмента.

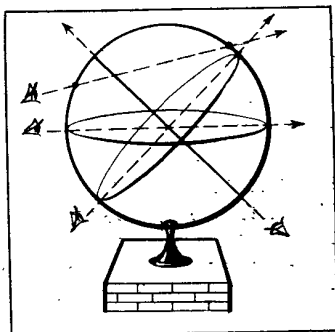


Рис. 10. Проволочная модель небесной сферы.

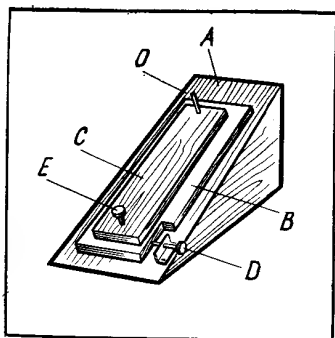


Рис. 11. Экваториальный столик.

ловым. Основанием прибора является большая призма *A* с верхним острым углом, равным широте места. Около оси *O*, закрепленной перпендикулярно наклонной грани этой призмы, может поворачиваться доска *B*. Ее перемещения вслед за суточным движением светил осуществляются при помощи упорного болта *D*. На этой доске расположена подставка *C* для фотоаппарата с контрольной трубой — гидом. Винт *E* позволяет во время экспозиции подправлять фотоаппарат по склону.

Перед съемкой прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и ориентируют вдоль меридиана так, чтобы ось *O* была параллельна оси мира. Затем фотоаппарат с гидирующей трубой направляют на нужный участок неба и в таком положении закрепляют на подставке *C*. Вращением винта *D* осуществляют поворот фотоаппарата с гидом за контрольной звездой, которую нужно в течение всего времени съемки удерживать на кресте нитей. Несмотря на простоту устройства, прибор дает хорошие результаты.

Астрономическая площадка, устраиваемая на крыше здания, по существу, мало чем отличается от только что рассмотренной наземной площадки. Отличия могут быть только в размерах и в ориентировке самой площадки. При меньших размерах будет, естественно, и меньшим комплект стационарно размещенного оборудования.

Из педагогических соображений при оборудовании астрономической площадки необходимо привлекать к работе как школьников, так и студентов. Как бы ни были примитивны в большинстве своем приборы и инструменты астрономической площадки, работа с ними принесет учащимся несомненную пользу и, помимо развития интереса к астрономии, облегчит им изучение целого ряда теоретических вопросов, особенно по сферической и практической астрономии.

§ 3. Астрономические павильоны

Всякий более или менее крупный телескоп (в том числе и любительский), монтированный на параллактической установке, должен быть стационарным, т. е. установленным в специально построенном для него павильоне. Павильон должен надежно защищать телескоп от непогоды и создавать некоторый комфорт при проведении наблюдений. Кроме того, внутри павильона может быть размещена различная вспомогательная аппаратура; там же могут храниться (на специальных полках) и принадлежности к телескопу.

Наиболее просты в изготовлении деревянные павильоны с раскрывающейся крышей. Нетрудно построить павильон (притом значительных размеров) с откатывающейся в сторону по рельсам крышей. Значительно более сложны в конструктивном отношении павильоны с вращающимся куполом. Конечно, проявив максимум настойчивости и заручившись помощью завода или строительной организации, можно построить очень хороший павильон с вращающимся куполом, который будет ничуть не хуже аналогичных павильонов современной астрономической обсерватории.

Павильон с раскрывающейся крышей.

Для небольшого телескопа с длиной трубы до одного метра (например, для школьного рефрактора) можно построить из досок и брусьев небольшой павильон с цельной, раскрывающейся на одну сторону крышей.

Павильон представляет собой деревянный ящик кубической формы с ребром, равным приблизительно 1,6 м. Крышу прикрепляют к северной стене павильона с помощью трех-четырех прочных петель, которые в свою очередь пришивают к дереву либо крупными гвоздями, либо (что надежнее) болтами М8 или М10 с гайками и широкими шайбами. Места соединения петель с досками нужно предварительно усилить прочными брусками.

Для облегчения открывания крыши северную часть ее (над петлями) делают более высокой, с небольшим наклоном назад. В одной из стен павильона устраивают небольшую дверь. Для предохранения от гниения все деревянные части павильона, соприкасающиеся с землей, пропитывают креозотом или просмаливают, а стены снаружи и изнутри красят. Пол павильона не должен со-

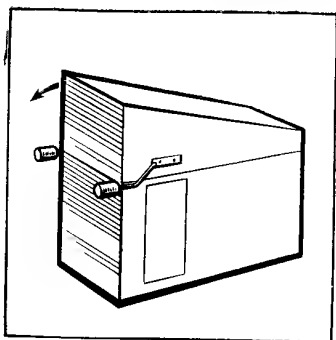


Рис. 12. Павильон с раскрывающейся крышей, снабженной противовесами.

прикасаться с основанием телескопа, поэтому центральная часть пола должна иметь соответствующий вырез. Крышу павильона снаружи покрывают толем или железом.

Аналогичный павильон (но большего размера) можно построить и для телескопа с длиной трубы до полутора-двух метров. Пол такого павильона должен иметь площадь в 4—6 м², а стены — высоту до 2 м. Шарнирное крепление крыши такого павильона при весьма

значительном ее весе должно быть особенно прочным. Чтобы эту крышу можно было легко открывать и закрывать (рис. 12), ее свободный конец уравнивают с помощью специальных грузов, укрепленных на штангах. Штанги прикрепляют по обеим сторонам крыши крупными болтами с гайками. Чтобы грузы не препятствовали открыванию крыши, свободные концы штанг должны быть немного отогнуты в стороны.

Очень удобен и прост в изготовлении павильон с раскрывающейся двустворчатой крышей (рис. 13). Подвешенные на петлях створки крыши откидываются в про-

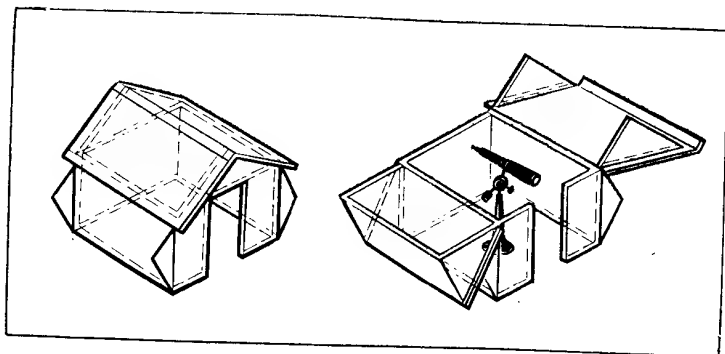


Рис. 13. Павильон с раскрывающейся двустворчатой крышей.

тивоположные стороны и ложатся на треугольники, выступающие по бокам павильона.

Для того чтобы передний и задний торцы, на которых лежат створки крыши при закрытом положении, не мешали проводить астрономические наблюдения, их надо делать откидывающимися или прикреплять к створкам, чтобы они убирались вместе с ними при раскрытии.

Павильон с откатывающейся по рельсам крыши.

Такой павильон может быть сделан столь значительных размеров, что в нем свободно уместится телескоп с длиной трубы в несколько метров.

Благодаря простоте и дешевизне изготовления павильоны этого типа получили широкое распространение на многих астрономических обсерваториях для размещения телескопов средней силы. Такие павильоны обычно ориентируют в направлении север — юг и предусматривают откат крыши в северном направлении.

Поверх выложенных стен павильона укладывают полосы уголкового железа, которые и служат рельсами для отката крыши. Длина рельсов должна быть более чем в два раза больше длины павильона, чтобы торец сдвинутой крыши не слишком закрывал северную часть небосклона.

Торцы крыши можно сделать в форме треугольников или полукругов. В первом случае крыша будет двухскатной, во втором — полуцилиндрической.

Чтобы крыша была не слишком тяжелой, ее каркас надо делать из тонких досок и покрывать тонким оцин-

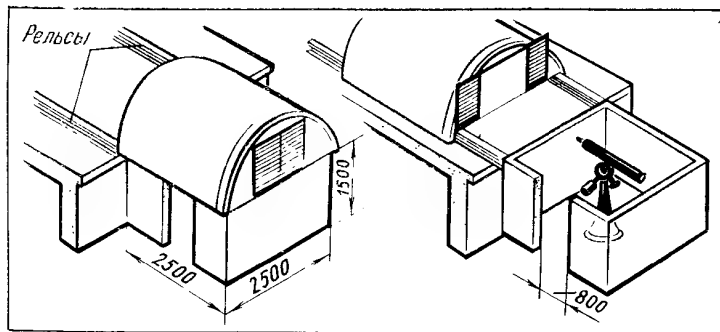
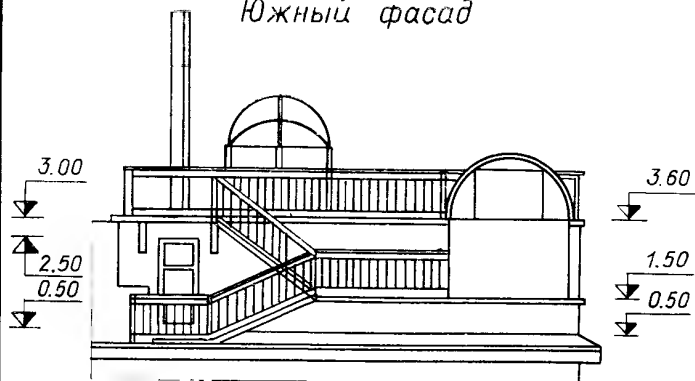
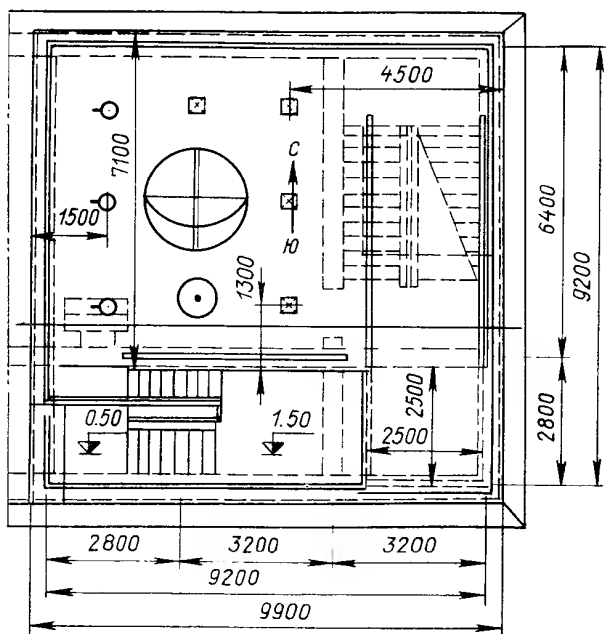


Рис. 14. Павильон с откатывающейся по рельсам крыши.

Южный фасад



План



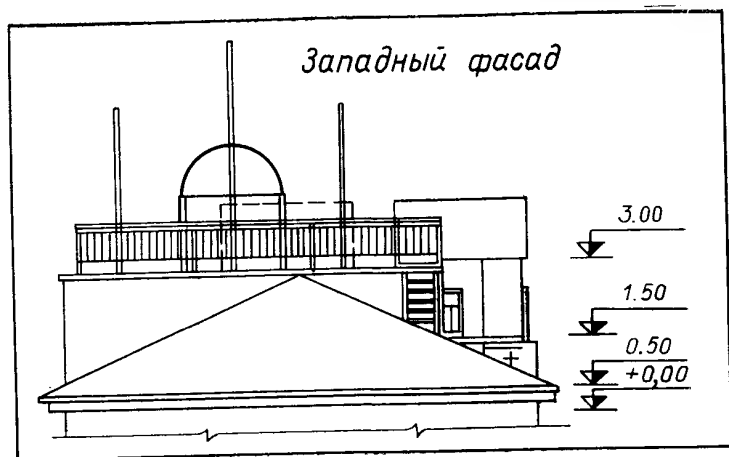


Рис. 15. Учебная астрономическая обсерватория на крыше здания.

кованным железом. При тяжелой крыше и большом трении в катящихся по рельсам колесах для сдвига крыши необходимо устанавливать ворота. На рисунке 14 показан общий вид павильона со скатывающейся крышей при закрытом состоянии и при сдвинутой крыше.

Такие павильоны можно устанавливать на крышах зданий при согласовании с соответствующими организациями.

На рисунке 15 изображены южный и западный фасады и план учебной астрономической обсерватории, расположенной на крыше здания школы и состоящей из астрономической площадки и павильона со скатывающейся крышей.

Указанные на чертеже размеры увязаны с типовым проектом школы на 920 учащихся.

Павильоны с вращающейся крышей.

Крупным (и, пожалуй, единственным) недостатком всех описанных выше павильонов является то, что они почти совершенно не защищают ни телескоп, ни самого наблюдателя во время работы от порывов ветра. Это значительно осложняет проведение наблюдений в ветреную погоду, особенно в зимнее время. В таких случаях лучше иметь павильон с вращающейся крышей, в кото-

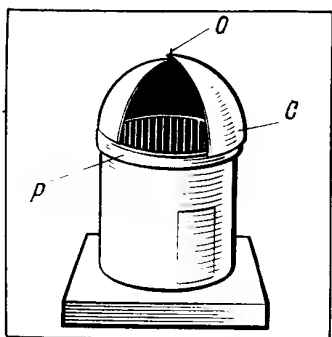


Рис. 16. Небольшой павильон с вращающимся куполом.

вращаться около вертикальной оси *О*. Основание этого сектора с внутренней стороны снабжено небольшими роликами, которыми он опирается на вспомогательный рельс *Р*, укрепленный под люком снаружи купола. Поэтому открывание и закрывание люка сводится к перекачиванию сектора *С* по этому рельсу в ту или другую сторону.

Стены павильона можно сложить из кирпича, шлакоблоков или даже сделать из дерева, обшив досками заранее собранный из брусьев каркас. С северной стороны нужно предусмотреть дверь для входа в павильон, а в центре его выкопать прямоугольную яму глубиной 2 м и сечением 1 м². Сделав затем невысокую наружную опалубку и залив полученную форму бетоном, получают прочное бетонное основание для установки телескопа. Обычно сверху цементируют один или несколько больших болтов (резьбой наружу) для закрепления основания телескопа.

Затем на верхнем (строго горизонтальном) обрезе стен павильона укрепляют круглый рельс, который может быть сделан из полосы уголкового или таврового железа. Радиус кольца должен быть несколько меньше радиуса внешней стороны павильона, с тем чтобы после укладки кольцевой рельс лежал на середине стены.

Согнуть полосу уголкового железа в кольцо будет легко, если вдоль всей полосы сделать на одной стороне разрезы через 10—20 см. Правильность полученного

рой предусмотрен специальный люк, открываемый перед наблюдениями.

Для телескопов с длиной трубы до 2—2,5 м чаще всего сооружают круглый павильон с полусферическим куполом (рис. 16), имеющим секториальный вырез до 100—120°. Внутренний диаметр такого павильона может составлять 3—5 м.

Люковое отверстие купола в нерабочем состоянии закрывается подвижным сектором *С*, который может

кольца выверяют стержнем, длина которого равна диаметру кольца. Вдоль основания кольца необходимо высверлить 10—15 отверстий и закрепить в них болты длиной 15—20 см. Положив кольцо на стену павильона так, чтобы оно опиралось на нее выступающими болтами, тщательно проверяют горизонтальность его установки при помощи уровней и устраняют отступления от окружности. Далее верхнюю часть стены бетонируют на всю длину болтов. Образовавшийся бетонный пояс крепко удерживает металлическое кольцо (рис. 17).

Второе металлическое кольцо с радиусом на несколько сантиметров большим радиуса внешней стороны павильона охватывает деревянное кольцо, сделанное из толстых досок. Это кольцо является основой вращающегося купола. Снизу к нему на равных расстояниях друг от друга прикрепляют 6—8 металлических обойм, в которые вставляют колеса с желобами по внешней стороне, и прикрепляют упорные ролики.

Снаружи от кольца спускается достаточно широкий кольцевой щиток, закрывающий щель между куполом и стенами павильона.

Для вращения купола к внутренней стороне деревянного кольца прикрепляют несколько скоб. На этом же кольце собирают каркас самого купола из уголкового железа или деревянных реек.

Снаружи каркас купола обшивают кровельным железом и красят алюминиевой краской. Описанный павильон удобен для наблюдений светил, высота которых над

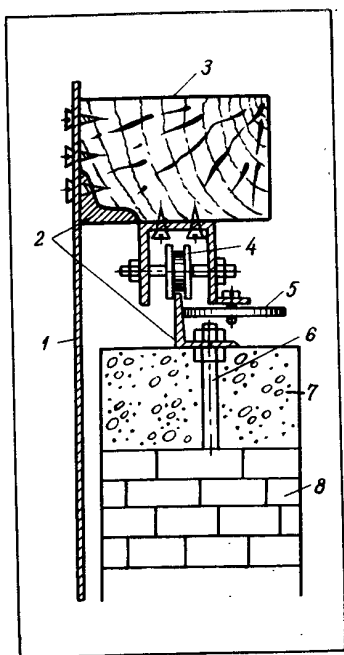


Рис. 17. Устройство основания купола.

1 — щиток; 2 — уголкового рельс; 3 — деревянное кольцо; 4 — колесо; 5 — упорный ролик; 6 — болт; 7 — бетонное кольцо; 8 — кирпичная кладка.

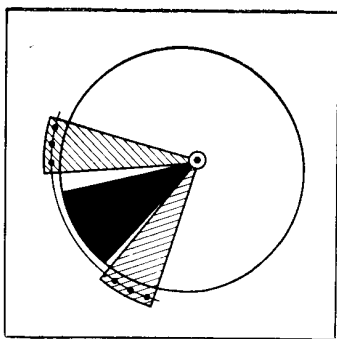


Рис. 18. План купола с расширенным в центре люком для обзора околозенитной области неба.

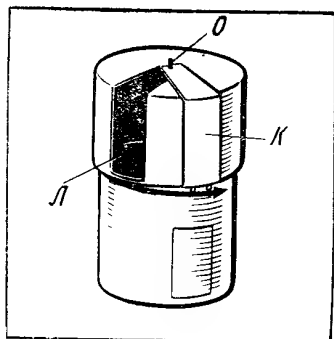


Рис. 19. Павильон с вращающимся куполом цилиндрической формы.

горизонтом не превосходит $75-80^\circ$, поскольку околозенитная часть видна через суживающийся секториальный люк и, кроме того, закрывается частично подшипником отодвигаемого сектора.

Для улучшения обзора околозенитной области вырез люка следует делать за центр купола, а отодвигаемый купол разделить на две створки, расположив их ось вращения эксцентрично относительно окружности основания купола (рис. 18). Радиус кривизны опорного рельса для раскрытия створок будет несколько превышать радиус самого купола, а их центры будут сдвинуты друг относительно друга.

Вырез люка при этом рассчитывают так, чтобы при вертикально поставленной трубе телескопа световой поток, попадающий в объектив от светил, не перекрывался краями люка.

Таким же образом можно увеличить поле обозрения околозенитной области и в павильоне с цилиндрическим вращающимся куполом (рис. 19).

Следует заметить, что цилиндрический купол более прост в изготовлении, чем сферический. Нужно только для стока воды придать его верхней части наклон от центра к периферии. Вместо вращающегося козырька *К* для закрывания люка *Л* можно использовать две-три ставни на шарнирах. Такое устройство для закрытия люка имеет павильон с многогранным вращающимся

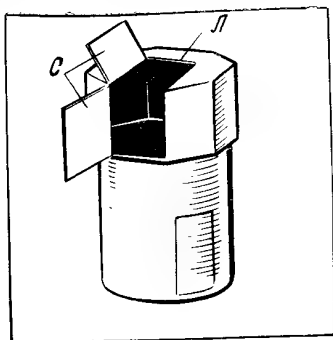


Рис. 20. Павильон с многогранным вращающимся куполом и открывающимися ставнями.

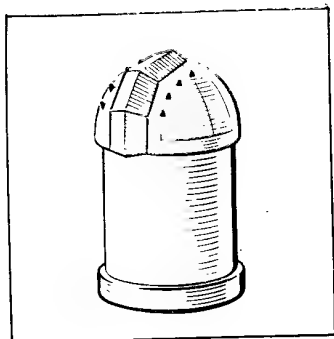


Рис. 21. Павильон с полусферическим куполом и тремя парами открывающихся ставень.

куполом (рис. 20). Его люк закрывается двумя ставнями, из которых одна занимает вертикальное, а другая горизонтальное или наклонное положение.

Раскрывающиеся ставни можно приспособить и к куполу сферической формы. На рисунке 21 показан такой купол с тремя парами ставень. Для того чтобы капли дождя не попадали внутрь павильона, ставни следует делать с небольшими боковыми бортиками, при этом верхние ставни должны находить на нижние. Ставни открывают последовательно: вначале верхние, потом средние, затем нижние. Закрывать ставни необходимо в обратном порядке: начинать с нижних и заканчивать верхними. Чтобы при раскрытии ставни не расходились в стороны, на куполе следует поставить ограничители.

Самое большое распространение в астрономических обсерваториях получили сферические купола с люками одинаковой ширины, которые закрываются двумя цилиндрическими створками (рис. 22).

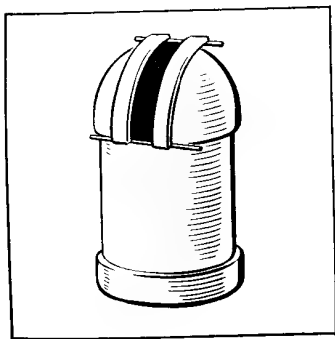


Рис. 22. Павильон с полусферическим куполом и откатывающимися створками.

Цилиндрические створки опираются на два прямых рельса, один из которых прикреплен к куполу у его основания, второй — за его вершиной.

Для облегчения скольжения створки ставят на колеса с желобами по ободу (рис. 23). Чтобы при откатывании створок они не перекашивались и не наклонялись, а колеса не отрывались от рельсов, к створкам необходимо прикрепить ограничительные скобы.

Створки небольших куполов можно открывать при помощи шеста с крючком. Если в средней части створок сделать металлические ушки, то, зацепив их крючком, можно створки растянуть в стороны и подобным же образом закрыть их. В больших астрономических обсерваториях большие купола раскрывают при помощи ручного ворота или электромоторов.

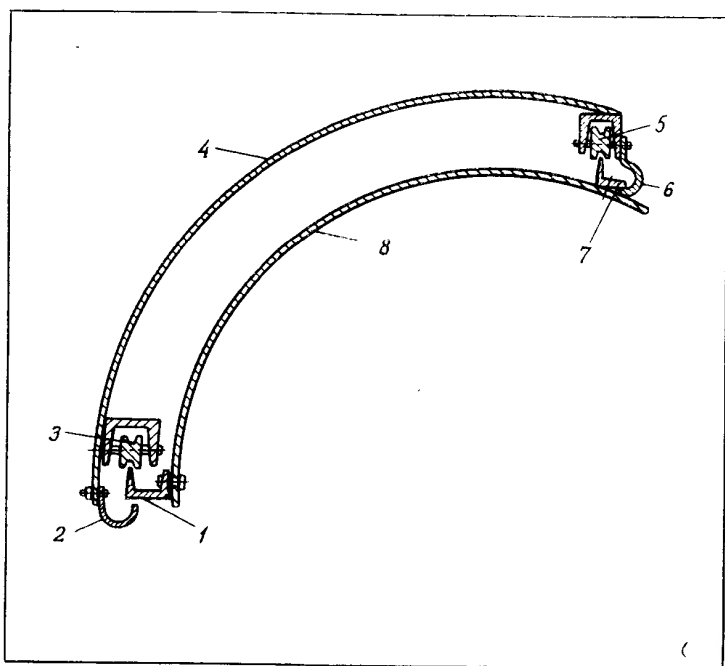


Рис. 23. Разрез откатывающихся цилиндрических створок:

1 — рельс; 2 — скоба; 3 — колесо; 4 — створка; 5 — колесо; 6 — скоба; 7 — рельс; 8 — купол.

§ 4. Телескопы для учебной астрономической обсерватории

В зависимости от оборудования и назначения учебные астрономические обсерватории можно условно подразделять на две категории, относя к одной из них школьные астрономические обсерватории, а к другой астрономические обсерватории при педагогических институтах.

Для решения задач, стоящих перед школьной астрономической обсерваторией, вполне достаточно одного или нескольких небольших телескопов с отверстием до 80—100 мм. Потребность в небольших телескопах для школьных астрономических обсерваторий нашей промышленности отчасти удовлетворяется. В магазинах наглядных пособий можно приобрести 60-мм рефлектор на азимутальной установке и 80-мм рефрактор на переносном параллактическом штативе.

Во многих школах еще используются ранее выпускавшиеся 70-мм телескопы Д. Д. Максудова. К сожалению, они были сняты с производства.

Небольшие партии телескопов системы Д. Д. Максудова с отверстиями в 100 мм изготавливаются в Бюраканской оптико-механической лаборатории Академии наук Армянской ССР.

Приведем краткие характеристики перечисленных выше телескопов.

60-мм школьный рефрактор (рис. 24) имеет шарнирную азимутальную установку на деревянной треноге. В комплект принадлежностей входят два окуляра Кельнера, позволяющие получать увеличения в 30 и 60 раз, солнечная блenda с темным стеклом и небольшой деревянный солнечный экран.

Телескоп позволяет видеть звезды до 10-й звездной величины и обладает угловым разрешением около $2'',5$.

Несмотря на конструктивные недостатки штатива и весьма заметные аберрации объектива, имеющего чрезмерно короткое фокусное расстояние (около 600 мм), 60-мм рефрактор позволяет организовать все предусмотренные школьной программой учебные астрономические наблюдения.

Более сильным телескопом, выпускавшимся до сего времени нашей промышленностью, является 80-мм реф-

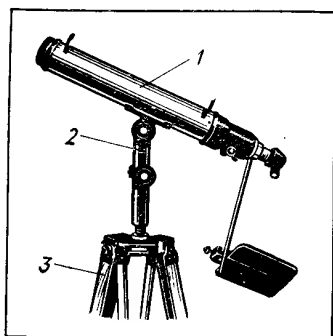


Рис. 24.

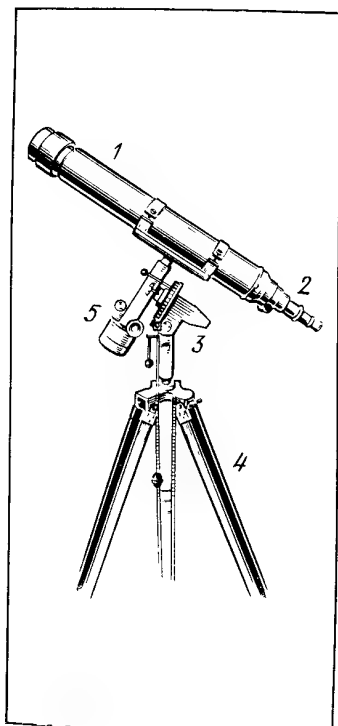


Рис. 25.

рактор на переносном параллактическом штативе, показанный на рисунке 25.

К телескопу прилагаются три окуляра Кельнера, позволяющие получать угловые увеличения в 80, 40 и 28,5 раз, а также солнечный экран, темные стекла и крышечка с центральным отверстием для диафрагмирования объектива при наблюдениях Солнца. Параллактический штатив в виде экваториальной «головки» крепится с помощью вертикального штыря на деревянной треноге. Вращение на полярной оси осуществляется фрикционной парой с помощью микрометрического ключа. Мощность 80-мм рефрактор почти в 2 раза выше, чем у 60-мм рефрактор, однако и в нем из-за чрезмерно малого фокусного расстояния объектива (800 мм) при сильном увеличении сказывается влияние хроматической аберрации.

Серьезным недостатком телескопа является его слишком облегченный и недостаточно жесткий штатив.

Рис. 24. 60-мм школьный рефрактор:

1 — зрительная труба; 2 — азимутальная головка; 3 — штатив.

Рис. 25. 80-мм школьный рефрактор:

1 — труба; 2 — окулярная часть с механизмом фокусировки; 3 — экваториальная головка; 4 — штатив; 5 — противовес.

Поэтому при установке телескопа в павильоне целесообразно деревянную треногу заменить глубоко врытым в землю столбом, на котором и укрепить экваториальную головку.

Несмотря на указанные недостатки, этот телескоп позволяет поставить много интересных и ценных наблюдений.

В 1974—1975 гг. конструкторское бюро Главучтехпрома совместно с НИИ школьного оборудования и технических средств обучения (конструктор Л. П. Архипова, консультант А. Д. Марленский) провело работу по созданию нового школьного телескопа-рефрактора на колонне.

На рисунках 26 и 27 показан общий вид и параллактическая головка телескопа. При одной и той же оптике с описанным выше рефрактором телескоп на колонне имеет значительные преимущества в механической части. Конструкция телескопа позволяет установить его стационарно в астрономическом павильоне, цементируя опоры 1 на каменном основании. Труба телескопа и параллактическая головка легко снимаются с колонны и могут храниться отдельно.

Колонна 2 сделана из тонкой дюралюминиевой трубы, а круг основания 3 отлит из алюминия. Легкость колонны и основания позволяет использовать телескоп как переносной инструмент, ставя его на время наблюдений на избранную горизонтальную площадку.

Параллактическую головку телескопа устанавливают согласно широте места наблюдений по шкале и фикси-

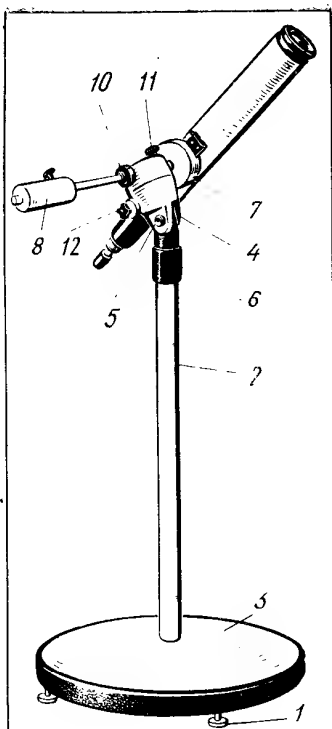


Рис. 26. Телескоп-рефрактор на колонне.

руют, закручивая гайку 5. Телескоп регулируют по азимуту, ослабив кольцевой зажим 6 наверху колонны.

С помощью зажима в форме ласточкиного хвоста трубу телескопа прикрепляют к параллактической головке. Ослабив зажимной винт 7, производят балансировку трубы телескопа вокруг оси склонений. Балансировку вокруг полярной оси осуществляют, передвигая противовес 8. Параллактическая головка имеет две кольцевые шкалы: склонений и прямых восхождений. Последняя сделана вращающейся вокруг полярной оси и имеет винт 9 для избираемых фиксаций.

Наличие такой шкалы весьма удобно для наведений на светила с известными экваториальными координатами: не надо каждый раз рассчитывать часовой угол светила — достаточно один раз установить шкалу прямых восхождений и затем использовать ее для последующих наведений на другие объекты.

Наведение трубы на светила с известными склонениями фиксируют с помощью винта 10, а наведения по прямому восхождению — винтом 11. Вращая микрометрический винт 12, осуществляют гидирование трубы телескопа. Для автоматического гидирования необходимо к винту 12 подсоединять часовой механизм.

Для фотографирования светил в прямом фокусе объектива на окулярном конце трубы телескопа сделана резьба для зеркальной камеры «Зенит». Дополнительная контргайка позволяет фиксировать фотокамеру в избранном положении.

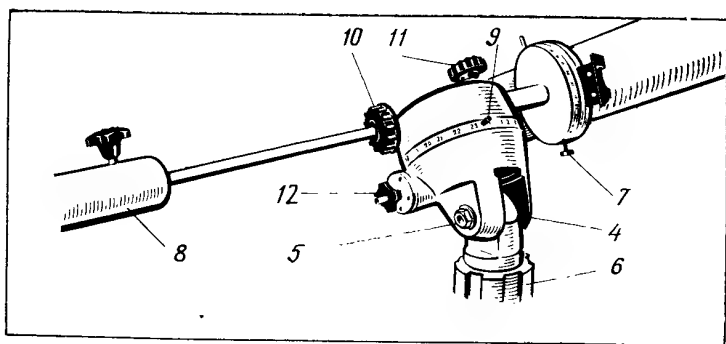


Рис. 27. Параллактическая головка телескопа-рефрактора на колонне.

К телескопу прилагаются светофильтры и экран для проецирования изображения Солнца.

Хорошими оптическими качествами обладает 70-мм менисковый телескоп системы Д. Д. Максудова (рис. 28). Телескоп смонтирован на настольном азимутальном штативе с двумя микрометрическими ключами и в нерабочем состоянии (при хранении и транспортировке) укладывается вместе со штативом в специальный футляр. Первая модель менискового телескопа была с одним окуляром, дававшим увеличение в 50 раз. Телескопы второй модели снабжены револьвером на два окуляра, с которыми получают увеличения в 25 и 70 раз.

Менисковый телескоп имеет очень короткую трубу (220 мм) и весьма удобен в работе. Главным достоинством менискового телескопа является исключительная чистота изображения при почти полном отсутствии хроматической и сферической аберраций. Он позволяет видеть звезды до 11-й звездной величины и имеет предельный угол разрешения $2''$.

Более совершенной моделью телескопа системы Д. Д. Максудова является БАМ-5А, разработанный в Бюраканской оптико-механической лаборатории (рис. 29).

БАМ-5А имеет следующие характеристики: диаметр светового отверстия 100 мм; эквивалентное фокусное расстояние 1176,6 мм.

К телескопу прилагаются два окуляра с фокусными расстояниями 14 мм и 10 мм, позволяющие получать увеличения соответственно в 84 и 118 раз.

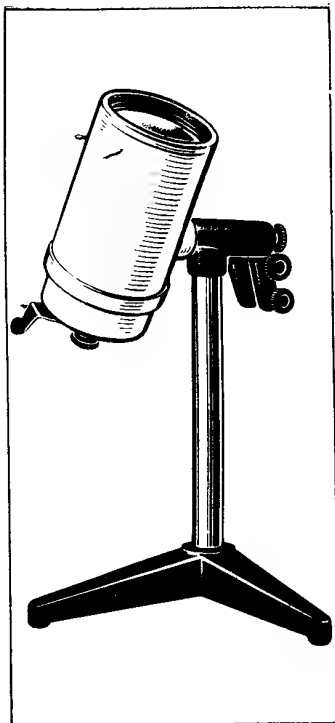


Рис. 28. Школьный телескоп Д. Д. Максудова.

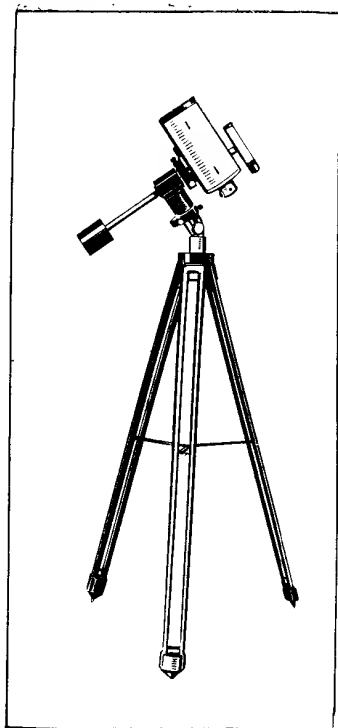


Рис. 29. Телескоп Д. Д. Максутова типа БАМ-5А.

Поле зрения телескопа при окуляре 14 мм составляет $15'$ дуги, разрешение $1'',4$ дуги.

Искатель телескопа имеет объектив диаметром 30 мм и фокусным расстоянием 120 мм. При окуляре с фокусным расстоянием 20 мм он дает увеличение в 6 раз и поле зрения 3° .

Параллактическая головка упрощенной конструкции обеспечивает хорошее гидирование трубы телескопа.

Вес телескопа 21,5 кг.

Астрономическая обсерватория педагогического института предназначена не только для проведения учебных астрономических наблюдений, но и для постановки целого ряда работ, имеющих научную ценность. Поэтому она должна располагать хотя бы одним достаточно сильным телескопом с отверстием не менее 130—200 мм, монтиро-

ванным на хорошей параллактической установке и стационарно установленным в специальном павильоне.

Из выпускаемых нашей оптико-механической промышленностью телескопов для учебных астрономических обсерваторий педагогических институтов более всего пригодны 130-мм рефрактор (АВР-3), 200-мм рефрактор (АВР-2) и 200-мм менисковый телескоп Максутова (АЗТ-7).

В заключение необходимо заметить, что очень ценным инструментом для учебной астрономической обсерватории будет хорошо изготовленный и достаточно сильный любительский телескоп-рефлектор.

Изготовление весьма сильного и в то же время доста-

точно простого рефлектора с оптической системой Ньютона, который в первую очередь и можно рекомендовать для учебной астрономической обсерватории, подробно описано ниже.

§ 5. Дополнительное оборудование учебной астрономической обсерватории

К дополнительному оборудованию учебной астрономической обсерватории следует отнести:

- 1) приборы для точного измерения и хранения времени;
- 2) оптические приборы малых размеров;
- 3) приборы и принадлежности для обработки наблюдательного материала;
- 4) различные печатные пособия.

Приборами для точного измерения и хранения времени являются часы, секундомеры. Для приема сигналов точного времени служат радиоприемники.

Во многих случаях для выполнения учебных астрономических наблюдений, а также целого ряда наблюдений с научной целью (физика Луны и планет, метеоры и др.) более чем достаточно отмечать моменты времени с точностью до 1—2 мин. Для этой цели вполне подойдут обыкновенные (ручные или карманные) часы, обладающие достаточно хорошей равномерностью хода и небольшой суточной поправкой. Однако для некоторых наблюдений (солнечные и лунные затмения, покрытие звезд Луной и т. д.) очень желательны значительно более точные переносные хронометры.

Постоянство хода часов зависит главным образом от температурных колебаний окружающей среды и от аккуратности в обращении с ними. Желательно, чтобы часы всегда находились в одном и том же положении и заводились регулярно в одно и то же время суток. На учебной астрономической обсерватории должна быть организована служба времени, сводящаяся к систематическому и регулярному определению поправок часов из приема радиосигналов точного времени с помощью любого радиовещательного приемника.

Для точного хронометрирования небольших промежутков времени очень удобно использовать секундомер,

показания которого значительно надежнее показаний секундной стрелки обычных часов.

Заметим, что на обсерватории, кроме часов, идущих по среднему солнечному времени, очень полезно иметь хотя бы одни часы, идущие по звездному времени, т. е. звездные часы.

К оптическим приборам малых размеров можно отнести бинокли, монокуляры, бинокулярные трубы и теодолиты. Наиболее доступными из них являются бинокли и монокуляры. Последние представляют собой половинки целого бинокля.

Как известно, бинокли бывают призматические и галилеевы (театральные). Для астрономических наблюдений наиболее пригодны призматические бинокли, обладающие в сравнении с галилеевыми бóльшей светосилой и бóльшими увеличениями.

С помощью призматического бинокля можно не только хорошо ознакомиться со звездным небом, но и заняться серьезными наблюдениями переменных звезд. Обычный призматический бинокль с ахроматическими объективами диаметром 30 мм дает увеличение в 6—8 раз и обладает полем зрения до $7,5^{\circ}$ — 8° . Специальные модели призматических биноклей имеют объективы диаметром 50 мм и обладают еще большей светосилой.

При наблюдениях с биноклем необходимо позаботиться о его устойчивости. В простейшем случае бинокль можно подпереть палкой с перекладиной наверху. Еще лучше иметь для этой цели специальный штатив.

На рисунке 30 показан образец такого штатива. С помощью нижнего винтового зажима 1 можно регулировать высоту подъема бинокля. Средними винтами 2 и 3 фиксируют избранные наведения бинокля соответственно по азимуту и по высоте. Верхним винтом 4 бинокль закрепляют на штативе.

Очень ценным оптическим прибором является бинокулярная труба (рис. 31) с объективами диаметром до 80 мм. Окулярная часть трубы имеет револьверное приспособление для пар сменных окуляров, позволяющих получать увеличения от 12 до 15 до 40—45 раз. Бинокулярная труба монтируется на азимутальном штативе с металлической треногой. С ее помощью можно проводить самые разнообразные и очень интересные учебные наблюдения. Кроме того, ее с успехом можно использовать

для поисков комет и наблюдений переменных звезд.

К приборам и принадлежностям для обработки наблюдательного материала необходимо отнести фотолaborаторное оборудование, принадлежности для измерения и исследования негативов, фотоснимков и рисунков, вычислительное оборудование, а также различные приспособления для надежного и систематизированного хранения как наблюдательного материала, так и результатов его обработки.

При учебной астрономической обсерватории совершенно необходима фотолaborатория. Если вспомогательное помещение обсерватории, о котором речь будет идти ниже, отапливается и достаточно просторно, то фотолaborаторию можно устроить в нем. В противном случае ее придется делать в другом месте (например, в одной из комнат учебного здания). Площадь фотолaborатории должна быть не менее 2—3 м². Ее можно устроить, отгородив угол помещения светонепроницаемыми перегородками с плотно закрывающейся дверью. К фотолaborатории необходимо подвести электрический ток и воду. Внутри нее надо поставить стол, закрытый клеенкой или линолеу-

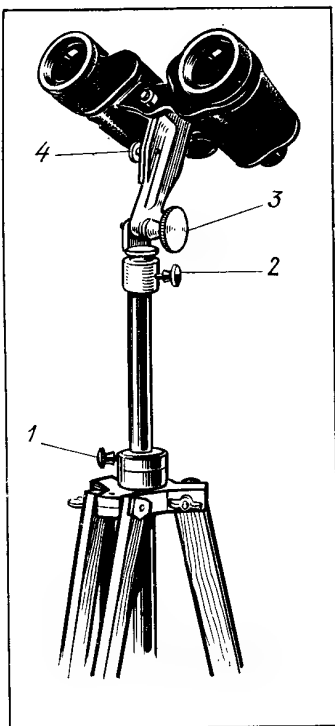


Рис. 30 Головка штатива для бинокля.

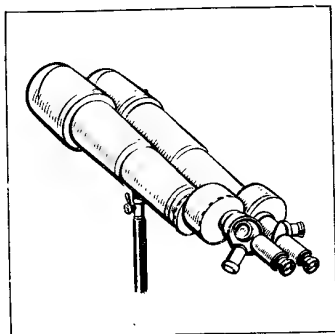


Рис. 31. Биноклярная труба.

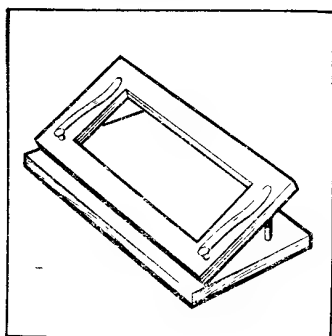


Рис. 32. Держатель для пластинок.

мом, а также повесить полки для размещения различных реактивов и посуды. Для этой же цели можно использовать небольшой шкаф, поставленный в фотолаборатории.

Разумеется, фотолаборатория должна иметь для обработки отснятого материала все необходимое (красный фонарь, бачки, кюветы и т. д.), а также фотоувеличитель для проекционной печати как с узкой, так и с широкой пленки.

Простейшими приспособлениями и принадлежностями для изучения и измерения негативов, фотоснимков и рисунков являются ручная лупа (приблизительно с пятикратным увеличением), хорошая масштабная линейка и комплект прозрачных координатных сеток для первичной обработки наблюдений планет и Солнца. Такие сетки прилагаются ко многим практическим руководствам по астрономии [1], [2].

Для рассматривания негативных изображений на стеклянных пластинках и широких пленках можно изготовить специальный держатель. Его устройство понятно из рисунка 32. На деревянной подставке в наклонном положении закрепляется и удерживается с помощью стоек небольшая фанерная рамка с прямоугольным вырезом чуть меньших размеров, чем употребляемые фотопластинки (или пленки). Подлежащая изучению пластинка накладывается на эту рамку и удерживается на ней специальными держателями. Подсветка пластинки осуществляется через вырез рамки либо дневным светом, либо зажженной лампой. В последнем случае на пути светового пучка нужно поместить матовое стекло или же подложить под исследуемую пластинку лист тонкой белой бумаги.

Для детального изучения узкоплеченочных негативов можно с успехом использовать препаровальную лупу на штативе. Такая лупа предназначена для рассматривания мелких объектов в проходящем свете, имеет специальный

столик с пластинчатыми держателями и дает увеличения в 10 и 20 раз. Если в фокусе глазной линзы такой лупы поместить прозрачную шкалу с делениями, то можно с большим удобством производить и измерения негативных изображений. Впрочем, с той же целью (и это касается не только пленочных, но и стеклянных негативов) можно накладывать на негатив специально изготовленную на кальке координатную сетку.

Препаровальная лупа и держатель для пластинок могут быть использованы и при фотометрировании негативных изображений, если только последние были предварительно прокалиброваны (например, с помощью трубчатого фотометра или фотометрического клина).

Чрезвычайно ценным прибором, предназначенным для точных фотометрических измерений негативов, является микрофотометр. Нашей промышленностью выпускается хороший микрофотометр МФ-2. Если нет возможности приобрести этот прибор, то для фотометрических измерений можно использовать микрофотометр упрощенной конструкции, который описан в главе III, §30. Из других приборов, предназначенных для обработки наблюдений, было бы весьма желательно иметь еще стереокомпаратор или блинкмикроскоп.

Все приборы для обработки наблюдений должны находиться в астрономическом кабинете. Если учебная астрономическая обсерватория расположена на крыше здания, то астрономический кабинет следует располагать на верхнем этаже вблизи лестницы, ведущей на крышу.

В таком случае чрезвычайно облегчается перенос инструментов для проведения наблюдений, а сокращение до минимума времени переходов позволяет преподавателю в любой момент прервать урок или лабораторные занятия и вывести своих слушателей на астрономическую площадку. В особенности это важно при изучении начал сферической астрономии. Вместо формальных упражнений по вычерчиванию небесной сферы и решения абстрактных задач учащиеся на практике определяют положение главных линий и точек на небе и отсчитывают координаты видимых светил.

Не вдаваясь в описание астрономического кабинета и всех тех наглядных пособий, которые в нем собраны для обеспечения нормального проведения уроков, чтения лекций и выполнения лабораторных работ, остановимся

только на перечне отдельных пособий, без которых как проведение астрономических наблюдений, так и обработка их результатов могут оказаться невозможными или неполноценными.

К необходимым печатным пособиям учебной астрономической обсерватории следует отнести практические руководства и справочники по астрономии, астрономические календари и ежегодники, а также звездные карты и атласы.

На практических руководствах и справочниках по астрономии мы здесь останавливаться не будем, ибо достаточно подробный перечень их приведен в конце этой книги. Отметим только, что наиболее желательными из них являются «Постоянная часть астрономического календаря» [1] и «Справочник любителя астрономии» [2].

Из астрономических календарей для учебных целей вполне достаточен «Школьный астрономический календарь», выпускаемый ежегодно издательством «Просвещение». Для проведения и обработки наблюдений, имеющих научную ценность, необходим, как минимум, «Астрономический календарь», издаваемый ежегодно ВАГО. Еще лучше для этой цели располагать «Астрономическим ежегодником», издаваемым АН СССР.

Совершенно необходимы на учебной астрономической обсерватории звездные карты и атласы. Для учебных целей надо иметь комплект подвижных карт звездного неба — 20 штук, «Учебный звездный атлас» А. Д. Марленского, «Малый звездный атлас» (из четырех карт) А. А. Михайлова, содержащий звезды до 5,5 звездной величины.

Для многих целей (поиски комет, наблюдения переменных звезд и астероидов) совершенно необходимым является «Большой звездный атлас» А. А. Михайлова, содержащий звезды до 8,25 звездной величины.

На обсерватории полезно иметь карты и атласы Луны, в частности очень подробную карту Луны, изданную в 1967 г. ВАГО.

Библиотека астрономического кабинета должна располагать справочниками по физике и математике и математическими таблицами.

Наконец, для облегчения и ускорения вычислений, связанных с обработкой наблюдательных материалов, астрономический кабинет должен иметь счетные линейки

и малые вычислительные машины («Феликс», ВК-1, «Искра» и др.).

Весь наблюдательный материал, получаемый на учебной астрономической обсерватории, и результаты его обработки необходимо хранить в отдельном шкафу, потому что и сам материал, и результаты обработки могут иметь научную ценность. Нужно обратить самое серьезное внимание на бережное и упорядоченное хранение стеклянных и пленочных негативов, рисунков и записей, сделанных во время наблюдений, а также результатов первичной обработки наблюдательного материала. Так, пластинки лучше всего хранить в специальных бумажных конвертах, снабженных соответствующими надписями, располагая их в вертикальном положении в небольших ящиках или коробках. Конверты можно использовать и для хранения телескопических рисунков. Катушечную пленку можно разрезать на несколько частей и также хранить в конвертах; можно сохранять ее также в виде рулонов, завернутых в черную (фотографическую) бумагу. Само собой разумеется, что очень бережно должен сохраняться и журнал наблюдений, в котором подробно указаны обстоятельства каждого фотографического и визуального наблюдения.

Глава II

САМОДЕЛЬНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

§ 6. Вводные замечания

Все более или менее сильные телескопы фабричного изготовления очень дороги и поэтому мало доступны не только для школ, но и для педагогических институтов. Небольшие же телескопы школьного типа слишком слабы, для того чтобы их можно было использовать в каких-нибудь серьезных наблюдениях. В связи с этим важное значение приобретает проблема постройки достаточно мощных телескопов своими силами.

Изготовление телескопов и различных к ним принадлежностей можно развернуть в секциях любителей телескопостроения, созданных из наиболее подготовленных членов астрономического кружка. Работа этих секций принесет двойную пользу: учебная астрономическая обсерватория пополнится ценными приборами, а их создатели, пройдя большую практическую школу, приобретут много новых знаний и полезных трудовых навыков.

Необходимую помощь можно получить либо в местных отделениях ВАГО (Всесоюзное астрономо-геодезическое общество), либо в отделе телескопостроения Московского отделения ВАГО, координирующего деятельность любителей телескопостроения в нашей стране.

Изданные по инициативе этого отдела и ЦС ВАГО два выпуска сборника «Любительское телескопостроение» [18] содержат очень ценные обобщения опыта любителей телескопостроения и, несомненно, будут полезны для преподавателей астрономии.

Самодельные телескопы небольшого размера, как правило, имеют перепосной азимутальный штатив (рис. 33). Более крупные телескопы с отверстием в 150—200 мм и выше, например рефлектор диаметром 240 мм,

изготовленный автором, монтируются непременно на параллактической установке. Нередко такая установка снабжается часовым механизмом или электроприводом на полярную ось и по качеству исполнения почти ничем не отличается от аналогичной установки заводского изготовления (см. вклейку 1, 2). В частности, прекрасными оптико-механическими качествами отличается 340-мм рефлектор А. С. Фомина (рис. 34). Этот телескоп может работать по схемам Ньютона, Кассегрена и Нэсмита. Совершенная параллактическая установка вилочного типа с мелкими движениями, разделенными кругами и электроприводом на полярную ось позволяет использовать этот телескоп для серьезных астрофизических наблюдений.

Весьма сильным является и созданный М. М. Шемякиным 300-мм рефлектор (рис. 35), смонтированный на переносной экваториальной установке немецкого типа.

Наиболее крупным из самодельных телескопов в нашей стране остается пока 500-мм рефлектор, созданный в Риге под руководством М. Л. Гайлиса.

Почти все более или менее крупные самодельные телескопы являются телескопами-рефлекторами. Это

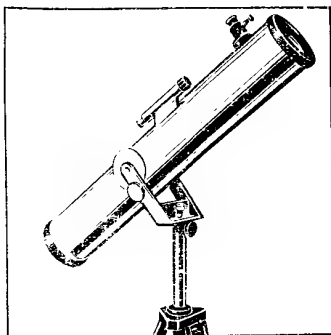


Рис. 33. Любительский 100-мм рефлектор.

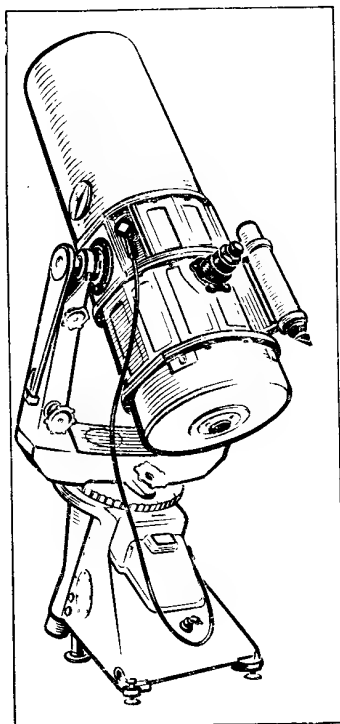


Рис. 34. 340-мм рефлектор А. С. Фомина.

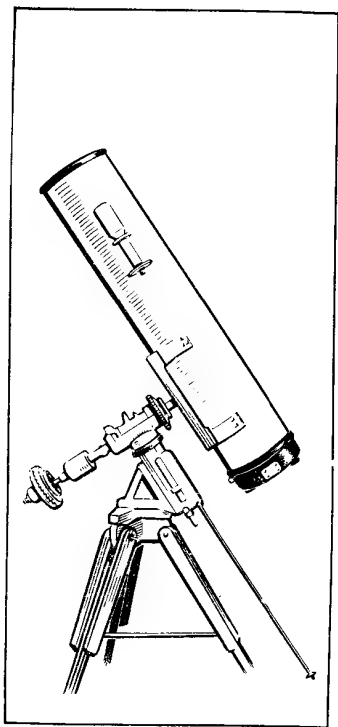


Рис. 35. 300-мм рефлектор Ньютона, изготовленный М. М. Шемякиным.

не случайно, ибо изготовление астрономического зеркала с одной оптической поверхностью несравненно проще и доступнее создания ахроматического объектива для телескопа-рефрактора. Поэтому, говоря о самодельном (любительском) телескопе, обычно всегда имеют при этом в виду телескоп-рефлектор. Такой телескоп с хорошим свежепосеребренным или алюминированным зеркалом по своей проникающей и разрешающей способности не уступает рефлектору с объективом тех же размеров. Кроме того, телескоп-рефлектор обладает в сравнении с ним очень важным преимуществом — полным отсутствием хроматической аберрации.

Приведенные соображения убедительно доказывают целесообразность постройки самодельных телескопов-рефлекторов. Методике их изготовления в основном и посвящена эта глава.

§ 7. Общие замечания по изготовлению любительского телескопа-рефлектора

Создание всякого оптического телескопа, в том числе и телескопа-рефлектора, включает в себя: 1) изготовление оптической части телескопа; 2) изготовление его механической части; 3) правильное и надежное соединение обеих этих частей в единое целое.

В этой главе преподаватель астрономии найдет подробные указания к изготовлению весьма сильного реф-

лектора Ньютона, который окажется очень ценным инструментом учебной астрономической обсерватории. Оптическая часть такого телескопа отличается большой простотой и состоит из главного зеркала (объектива), плоского диагонального зеркальца (или призмы полного внутреннего отражения) и окуляров. Механическая часть включает в себя штатив (или установку) и трубу.

Оптическая часть должна обеспечить получение возможно более хороших изображений надлежащей яркости даже при максимальных предельных увеличениях, соответствующих оптической силе телескопа. Труба телескопа предназначена для правильного и надежного соединения всех частей его оптики. А штатив (для небольшого телескопа) или установка (для более крупного телескопа) должны обеспечить возможность наведения телескопа на любое светило и плавное его движение за ним вдоль суточной параллели. При этом хорошая установка, непременно параллактическая (экваториальная), должна сочетать в себе необходимую прочность и жесткость с легкостью и плавностью движений.

Следует иметь в виду, что, хотя изготовление зеркального объектива и является очень ответственным и трудоемким процессом, создание хорошей установки телескопа и вообще всей его механической части — дело не менее важное, так как только хорошая установка телескопа позволяет полностью использовать все достоинства его оптики. Трудности в изготовлении механической части телескопа быстро возрастают с увеличением оптической мощности телескопа. Если для небольшого рефлектора с отверстием 100—115 мм и легкой трубой из дерева, бумаги или жести можно ограничиться простейшим переносным азимутальным штативом, сделанным почти целиком из дерева, то для телескопа с отверстием 150—165 мм и больше нужна уже достаточно массивная и жесткая параллактическая установка (а значит, в будущем и павильон для стационарного размещения такого телескопа).

Главным в создании оптической части телескопа-рефлектора является изготовление зеркального объектива. Его параметры (диаметр и фокусное расстояние) определяют оптическую мощь (проницающую силу и разрешающую способность) и возможные увеличения будущего телескопа.

На первых порах целесообразно остановиться на изготовлении достаточно длиннофокусного зеркала (со светосилой около 1:10). В этом случае оно может иметь сферическую форму и все же давать практически столь же безупречные изображения, как и параболическое зеркало, лишь бы соблюдалось условие (по Д. Д. Максудову):

$$F:D \geq \sqrt[3]{3,5 D'}$$

где D — диаметр зеркала,
 F — его фокусное расстояние.

Изготовить длиннофокусное зеркало значительно легче, чем короткофокусное параболическое. Кроме того, с одним и тем же набором окуляров длиннофокусный телескоп дает более сильные увеличения, чем короткофокусный. В связи с этим сферическому зеркалу диаметром 100—115 мм целесообразно придать фокусное расстояние 100 см, а зеркалу диаметром в 150—165 мм — расстояние 150 см. С имеющимися в продаже окулярами (от микроскопов или школьных телескопов) это позволит получать увеличения соответственно до 100—150 раз. Предельные же полезные увеличения телескопов с такими объективами еще выше (до 200—300 раз соответственно) и могут быть получены при употреблении более сильных окуляров.

Для изготовления зеркального объектива (главного зеркала) нужно иметь два одинаковых плоскопараллельных стеклянных диска из обычного зеркального стекла надлежащего размера и достаточной толщины. Слишком тонкое зеркало может прогнуться под действием своего веса и, следовательно, давать неустойчивые изображения.

Поэтому, если в дальнейшем предполагается простейший вариант разгрузки зеркала в оправе на три точки, минимальная толщина стеклянных дисков при диаметре 100—115 мм должна быть около 9—10 мм, а при диаметре в 150—165 мм — около 20 мм. Вообще с увеличением размеров дисков их относительная толщина должна возрастать.

При разгрузке зеркала на шесть точек его наименьшая допустимая толщина может быть (по сравнению с разгрузкой на три точки) приблизительно втрое меньшей.

Толщина стеклянных дисков (заготовок) должна быть больше минимальной толщины будущего зеркала на несколько миллиметров, так как при изготовлении зеркала оба диска будут понемногу сошлифовываться. Из одного из них со временем получится зеркало, а другой будет использован в качестве шлифовальника (а затем — как основа для полировальника).

Для изготовления одного зеркала лучше всего подошли бы два иллюминаторных диска одинакового размера. Если же достать их не удастся, то можно диски нужного размера заказать в зеркальной мастерской или вырезать из достаточно толстого листа зеркального стекла с помощью трубчатого сверла и абразивного порошка. Трубчатое сверло легко сделать самому. Нужно от металлической тонкостенной трубы необходимого размера отрезать кусок высотой 80—100 мм и на торцевой части полученного таким образом цилиндрического кольца напильником или ножовкой нанести ряд радиальных борозд глубиной до 1 мм.

Можно рекомендовать следующий простой способ изготовления стеклянных дисков, не требующих почти никаких специальных приспособлений. Лист зеркального стекла покрывают сверху в нужном месте куском фанеры, в котором выпилено круглое отверстие такого размера, чтобы трубчатое сверло легко входило в него. Закрепив прочно такой фанерный шаблон на стекле, наносят внутрь его ближе к краям порцию абразивного порошка (наждак или карборунд № 16—25), смоченного в воде, и сверху ставят (насечками к стеклу) трубчатое сверло. Затем руками начинают поворачивать сверло то в одну, то в другую сторону. Шаблон не даст сверлу сдвинуться, и очень скоро на стекле появится кольцевая канавка. После этого можно продолжать сверление, уже сняв шаблон: кольцевая канавка не позволит теперь сверлу произвольно скользить по поверхности стекла. Добавляя время от времени все новые и новые порции абразивной кашицы, постепенно доводят работу до конца. Точно так же вырезают и второй диск.

Перед началом работы нужно запастись разными сортами абразивов. Для изготовления зеркала диаметром 150—165 мм достаточно иметь 0,5 кг абразивов разных сортов: № 25 (или 16), 10 и 6 по ГОСТу 3647-75. Первый из них будет использован для грубой шлифовки,

а остальные два — для более тонкой шлифовки. Кроме того, потребуются еще так называемые «минутники». Их можно легко приготовить самому из отходов от грубой шлифовки. О приготовлении «минутников» подробно будет сказано ниже.

Из материалов в дальнейшем потребуются: канифоль 0,5 кг, гудрон (или сапожный вар) 0,3 кг, скипидар и крокус 30—50 г, представляющий собой тонкий бурый порошок окиси железа. Для обмывания зеркала потребуются посуда.

Собираемые в этой посуде при обмывании зеркала и шлифовальника отходы от грубой и мелкой шлифовки содержат все более мелкие сорта абразивов и послужат в дальнейшем для изготовления «минутников». Поэтому содержимое посуды нужно бережно хранить до полного завершения работы над зеркалом.

Постройку любительского телескопа целесообразно начинать с изготовления зеркала. Вслед за тем делают трубу, окулярное устройство и, наконец, установку или штатив для телескопа. Впрочем, если в работе участвует несколько человек, то можно делать одновременно и главное зеркало, и остальные узлы будущего телескопа.

Изготовления плоского диагонального зеркальца можно избежать, заменив его высококачественной призмой полного внутреннего отражения нужных размеров, которую в настоящее время приобрести нетрудно.

§ 8. Шлифовка главного зеркала

Первым этапом в изготовлении вогнутого главного зеркала является его шлифовка, в процессе которой зеркало (точнее, тот из двух плоскопараллельных дисков, из которого со временем получится зеркало) постепенно приобретает вогнутую форму, близкую к расчетной. Перед тем как приступить к шлифовке, нужно сделать некоторые несложные, но совершенно необходимые приспособления.

Прежде всего нужно сделать съемный держатель с ручкой для зеркала. Такой держатель позволит в случае необходимости легко поменять местами зеркало и шлифовальник. Он изготавливается из двух небольших деревянных брусков сечением 20×30 мм, скрепленных

под прямым углом друг к другу с помощью клея и мелких шурупов (рис. 36). С одной стороны, в месте соединения этих брусков, прикрепляют цилиндрическую деревянную ручку, а с противоположной стороны у краев брусков—по резиновой пробке на длинном шурупе каждая. При работе держатель накладывают на зеркало с его тыльной стороны, на котором он прочно удерживается благодаря трению между стеклом и резиновыми пробками.

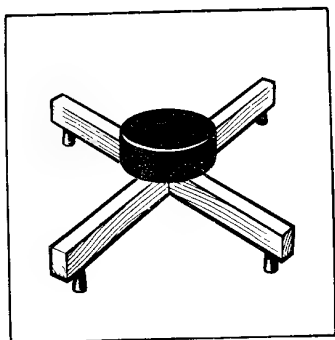


Рис. 36. Съемный держатель с ручкой.

Надо иметь устойчивую и достаточно высокую подставку для шлифовальника. В качестве ее вполне подойдет небольшой (желательно круглой или квадратной формы) стол или высокий табурет, прочно скрепленный с полом. На середину горизонтальной поверхности такого импровизированного станка кладут один из двух подготовленных стеклянных дисков и зажимают с боков в шести равноудаленных друг от друга по окружности точках короткими резиновыми пробками. Пробки в свою очередь закрепляют на поверхности «станка» с помощью пропущенных сквозь них шурупов. Шлифовальник должен несколько выступать над этими пробками, а шурупы в них должны быть «утоплены» заподлицо.

Перед началом шлифовки и шлифовальник, и зеркало по кромкам соприкасающихся поверхностей необходимо снабдить косыми фасками. Фаски предохраняют края дисков от сколов и помогут избежать появления царапин. Фаски можно сделать с помощью точильного бруска. В работе они будут постепенно исчезать, и их нужно время от времени подправлять. Сама шлифовка производится мокрым (смоченным в воде) абразивом в виде «абразивной кашицы».

Изготовление зеркала начинается с грубой шлифовки. На шлифовальнике равномерным тонким слоем раскладывают абразивную кашицу (№ 25 или № 16), сверху кладут второй диск (будущее зеркало), а на него

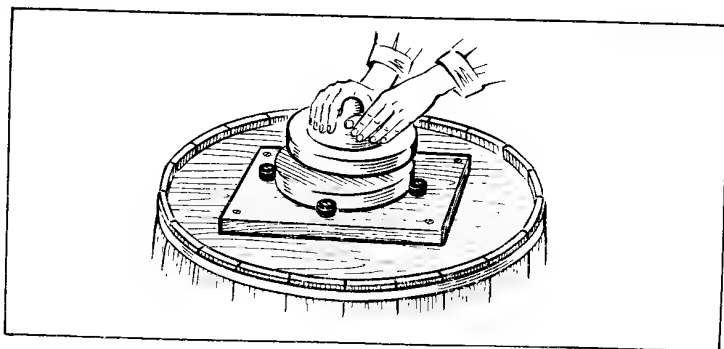


Рис. 37. Простейший шлифовальный «станок». Ручка приклеена к зеркалу варом.

накладывают держатель с ручкой. Сама шлифовка заключается в том, что, крепко удерживая в руках ручку держателя (иногда ее просто приклеивают варом к тыльной стороне зеркала, как это изображено на рисунке 37), с помощью его заставляют зеркало радиально смещаться со шлифовальника приблизительно на $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ его радиуса в одну сторону (обычно в сторону мастера) с последующим возвращением в исходное положение. При этом понемногу поворачивают само зеркало около его центра и медленно передвигаются вокруг станка. После измельчения абразивных зерен аккуратно снимают зеркало со шлифовальника и, обмыв зеркало и шлифовальник в специальной посуде, продолжают работу с новой порцией абразива.

Постепенно шлифовальник будет приобретать выпуклую форму, а зеркало — вогнутую. Грубую шлифовку заканчивают, когда углубление зеркала почти достигло расчетного, но еще несколько меньше его. Затем в том же порядке продолжают так называемую мелкую шлифовку. Она начинается с использования абразива № 10 и завершается шлифовкой карборундом или наждаком № 6. При этом нужно помнить, что переходить к шлифовке абразивом каждого следующего, более мелкого, сорта можно только после того, как матовая поверхность зеркала от шлифовки абразивом предыдущего сорта стала вполне однородной. (Еще лучше и после этого не-

сколько продолжить шлифовку абразивом прежнего сорта, чтобы сошлифовать разрушенный трещинами подслоем стекла.) Однородность матовой поверхности, так же как и целостность краевых фасок, лучше всего проверять с помощью небольшой лупы.

Высоту углубления h легко определить, подкладывая под линейку, поставленную ребром на зеркало вдоль его диаметра приблизительно в центре, стопку полосок тонкой бумаги. Предварительно надо определить толщину одной полоски, измерив высоту стопки из большого количества полосок и поделив ее на число полосок в этой стопке. Тогда фокусное расстояние F зеркала радиуса r можно найти по приближенной формуле:

$$F \approx \frac{r^2}{4h}.$$

Для более точного определения фокусного расстояния зеркала с еще матовой поверхностью очень эффективен так называемый «мокрый способ», рекомендованный проф. М. С. Навашиным. Этот способ заключается в следующем. Нужно, поставив зеркало на ребро в какую-нибудь глубокую тарелку, облить его водой. Тогда оно заблестит и будет некоторое время, пока с его поверхности не сойдет пленка воды, давать довольно отчетливые отраженные изображения какого-нибудь достаточно яркого источника света (зажженной свечи или электрической лампы).

Поймав это изображение на экран, поставленный перед зеркалом (все делать в темном помещении), добиваются наилучшей резкости, постепенно меняя расстояние между экраном и зеркалом. Если при этом источник света будет находиться рядом с экраном (немного сбоку), то расстояние между зеркалом и экраном как раз окажется равным удвоенному фокусному расстоянию зеркала (т. е. его радиусу кривизны). Обычно измерения повторяют несколько раз и находят их среднее арифметическое.

При некотором навыке всегда удастся определить фокусное расстояние зеркала (с еще матовой поверхностью) с точностью до 0,5%. Этого оказывается вполне достаточно, так как впоследствии при конструировании трубы телескопа всегда можно ее несколько удлинить или укоротить.

Углубление в зеркале при грубой шлифовке получается значительно быстрее, если вместо центральных штрихов (т. е. штрихов по радиусам) применять штрихи по хордам. Однако при этом обычно появляется «завал» края, т. е. периферийные зоны зеркала приобретают меньшую кривизну, по сравнению с кривизной внутренних зон зеркала. Для уничтожения этого недостатка, после того как углубление в центре зеркала почти достигло желаемой величины, нужно перейти к центральным штрихам. Если при этом зеркало приобретает слишком большую кривизну, то ее очень легко уменьшить, стоит только поменять местами зеркало и шлифовальный круг и продолжать некоторое время шлифовку обычными центральными штрихами.

Нужно иметь в виду, что при обычном расположении шлифовального круга и зеркала (когда зеркало находится над шлифовальным кругом) слишком длинные штрихи (свыше $\frac{1}{3}$ радиуса) сильнее всего сошлифовывают центральную часть зеркала, в то время как короткие штрихи, почти не изменяя кривизну зеркала, способствуют приобретению им формы, близкой к сферической.

Умело ведя шлифовку и порой, если нужно, меняя местами зеркало и шлифовальный круг, зеркало подготавливают к тонкой шлифовке минутниками. Минутники встречаются в продаже, но лучше всего их приготовить самостоятельно. С этой целью, предварительно тщательно взболтав с водой содержимое той посуды, в которой обмывают зеркало и шлифовальный круг (и где содержатся истертые и перемолотые зерна абразива вперемешку с частицами стекла), выливают эту мутную воду в одну из заранее подготовленных и хорошо вымытых высоких стеклянных банок, затем доливают почти доверху водой и еще раз тщательно перемешивают чистой деревянной палочкой. Дав в течение одного часа осесть на дно всем более или менее крупным частицам, осторожно затем переливают оставшуюся мутную жидкость в другую чистую банку и оставляют ее примерно на сутки. За это время на дно выпадает осадок из очень мелких крупинок абразива. Это и есть 60-минутник. После этого нужно осторожно слить из банки почти всю жидкость оставив тонкий слой ее над осевшим на дно осадком, взболтать весь осадок в этой небольшой порции жидкости и перелить в чис-

тую небольшую баночку, которую надо затем аккуратно закрыть сверху крышкой (с пометкой о сорте минутника).

Аналогично из мутной жидкости, оставшейся в первой банке, готовят в том же порядке сначала 30-минутник (для отстойки его уже достаточно получаса), а затем 15-минутник, 5-минутник и, наконец, одно-минутник. Для надежности минутники, особенно 60- и 30-минутники, можно подвергнуть отстойке еще раз, чтобы наверняка удалить из них все, может быть, случайно попавшие более крупные зерна абразива.

При шлифовке минутниками надо соблюдать особую аккуратность, иначе не избежать появления царапин. На выведение царапин, если хотя бы одна из них появилась, обычно приходится тратить очень много дополнительного времени, возвращаясь к перешлифовке зеркала более крупными сортами абразива.

Шлифовка минутниками практически ничем не отличается от грубой и мелкой шлифовки. Только штрихи должны быть непременно центральные и короткие (до $\frac{1}{4}$ радиуса). Движения должны быть плавными и медленными. Через каждые 10—15 мин работы нужно делать небольшие перерывы, чтобы зеркало и шлифовальный, разогревшиеся от трения, могли охладиться и принять свою естественную форму.

После шлифовки минутником, продолжающейся около двух часов, переходят к шлифовке 5-минутником. Вслед за тем последовательно используются 15-, 30- и, наконец, 60-минутник. Шлифовка каждым сортом минутника должна продолжаться не менее 1,5—2 часов. Полностью отшлифованное самым мелким сортом минутника зеркало должно иметь однородную матовую поверхность и при не очень косом падении лучей хорошо отражать яркие предметы (светлое окно, свеча, зажженная лампа и т. д.).

При завершении шлифовки самым мелким минутником надо особенно аккуратно, без всякого нажима, двигать зеркало по шлифовальнику. Зеркало не должно ни «цепляться» за шлифовальник, ни «срываться» с него. Если же будет замечено либо то, либо другое, то нужно своевременно принять надлежащие меры. Прежде всего в этом случае надо еще более замедлить движение и давать зеркалу чаще «отстаиваться» на шлифовальнике (3—4 минуты), не забывая при этом каждый раз добав-

лять свежей и достаточно жидкой абразивной суспензии между зеркалом и шлифовальником во избежание их прилипания друг к другу. Кроме того, если зеркало «заедает», то нужно укоротить штрих или временно поменять местами зеркало и шлифовальник, чтобы уменьшить углубление зеркала; если же зеркало слишком легко «забегало» по шлифовальнику, то нужно, наоборот, штрих несколько удлинить.

Если вовремя не обратить внимания на «заедание» зеркала, то оно может так прочно пристать к шлифовальнику (особенно если мало абразива), что никакими механическими способами их разъединить не удастся. В этом случае зеркало и шлифовальник надо осторожно нагреть в воде до $50-60^{\circ}\text{C}$, а затем прикоснуться к краю шлифовальника влажной тряпочкой, смоченной в прохладной воде. От этого шлифовальник несколько изменит свою форму, внутрь слипшейся пары стеклянных дисков проникнет воздух, и они легко разъединятся. Этот способ был применен автором на практике после безуспешных попыток разъединить зеркало и шлифовальник другими способами.

На шлифовку небольшого зеркала начинающий оптик тратит примерно 100—150 часов.

§ 9. Полировка главного зеркала и придание ему точной сферической формы

Изготовление астрономического зеркала завершается его полировкой и приданием ему точной формы — фигуризацией. Оба эти процесса протекают одновременно, при этом форма зеркала все более приближается к сферической, а матовость постепенно исчезает. Вообще говоря, полировку хорошо отшлифованного зеркала можно закончить за 10—15 ч, но придание его лицевой поверхности хорошей формы может занять времени в несколько раз больше. При этом трудности быстро растут вместе с размерами зеркала. Впрочем, точная фигуризация достаточно длиннофокусного зеркала диаметром до 150—165 мм обычно рано или поздно удается каждому начинающему оптику.

Точную оптическую поверхность можно получить на смоляном полировальнике из смеси канифоли и гудрона,

сплавленных вместе в нужной пропорции. Чтобы изготовить такой полировальник для небольшого зеркала (диаметром до 150—165 мм), нужно растопить в кастрюле при осторожном ее нагревании (например, на электроплитке) приблизительно 300 г канифоли. Затем при постоянном помешивании, чтобы смесь не закипела, маленькими кусочками добавлять к ней гудрон. На 300 г канифоли потребуется примерно 100 г гудрона. Расплавленную и тщательно перемешанную смесь канифоли и гудрона через марлевый (из нескольких слоев) фильтр осторожно выливают на выпуклую поверхность совершенно сухого и предварительно слегка подогретого шлифовальника. Чтобы при этом смесь не стекала со шлифовальника, его заблаговременно окружают по краю небольшим бумажным бортиком, который в свою очередь обвязывают снаружи шнурком.

Затем надо дать полировальнику полностью остыть, а потом с помощью линейки и влажного лезвия от безопасной бритвы (удалив предварительно бумажный бортик) аккуратно разбить поверхность полировальника узкими канавками на небольшие смоляные квадратики со стороной около 25 мм. Вырезаемые кусочки смолы нужно периодически сметать с полировальника небольшой кисточкой. Система квадратиков должна быть несимметрична полировальнику (центр полировальника должен оказаться около угла одного из квадратиков, как это показано на рисунке 38).

После этого полировальник подогревают в горячей воде и формуют тоже подогретым зеркалом. Чтобы избежать при этом прилипания зеркала к смоле, надо предварительно кисточкой покрыть все квадратики крокусом, разведенным в воде. Формовка полировальника заключается в том, что наложенное на него сверху зеркало с достаточным нажимом двигают в разных направлениях. При этом постепенно, начиная с периферии, все бо́льшая и бо́льшая зона полировальника приобретает форму, обратную форме зеркала. Обычно приходится несколько раз подогревать в горячей воде и зеркало, и полировальник, прежде чем последний полностью отформовывается и каждый его квадратик всей своей поверхностью будет прилегать к зеркалу. Тогда еще раз, вооружившись бритвой и линейкой, окончательно подправляют несколько смявшиеся при формовке квадратики. Затем,

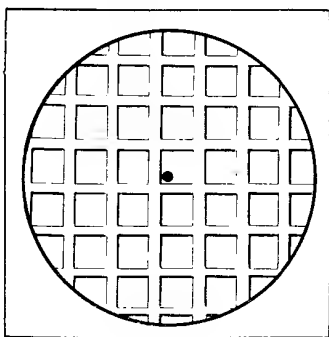


Рис. 38. Полировальник, разбитый на квадраты.

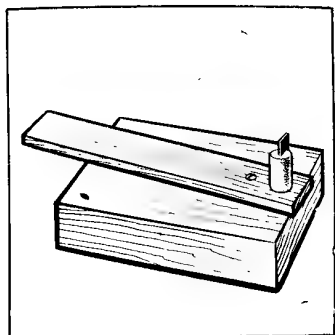


Рис. 39. Простейшая конструкция ножа Фуко.

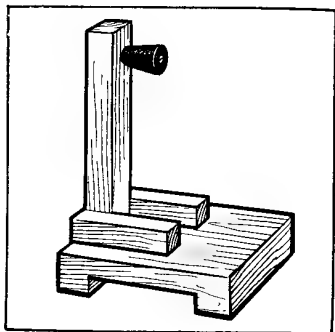


Рис. 40. Подставка для зеркала.

вторично обильно смазав их крокусом, кладут на полировальник еще не остывшее зеркало и помещают их в небольшой таз с водой; с боков и сверху накрывают влажной чистой тряпкой.

После того как зеркало и полировальник полностью остынут, можно приступать к полировке. Но предварительно нужно изготовить несложные приспособления для наблюдения за ходом полировки и исследования формы тенью методом Фуко: подвижный нож Фуко, достаточно яркий точечный источник света и подставку для зеркала.

Ножом Фуко может служить лезвие от безопасной бритвы. Его закрепляют в вертикальном положении, врезав слегка в большую бутылочную пробку, которую с помощью пропущенного сквозь нее шурупа привертывают к одному из концов достаточно длинной (60 см) деревянной рейки. Отступив от этого конца приблизительно на 10 см, высверливают в рейке небольшое отверстие. Пропустив затем в это отверстие шуруп, закрепляют рейку на поверхности ровной и гладкой доски (рис. 39), длиной 50 см и шириной 15—20 см. Пользуясь длинным плечом рейки, можно перемещать нож Фуко на самые незначи-

тельные расстояния (что очень важно при исследовании формы зеркала).

Для получения достаточно яркого точечного источника света можно использовать обычный аллоскоп или проекционный фонарь. Необходимо только на его объектив надеть легкую крышку (склеенную из картона). Большое центральное отверстие в ее дне надо предварительно закрыть куском фольги, в которой заблаговременно тонкой иглой аккуратно сделать очень маленькое отверстие. Можно вместо одного сделать в фольге несколько отверстий, тогда легче будет при исследовании зеркала «поймать» хотя бы одно из них (другие мешать не будут, если они достаточно удалены друг от друга).

Наконец, нетрудно сделать из кусков дерева и подставку, в которой зеркало могло бы находиться (при его исследовании) в вертикальном положении. Устройство такой подставки, применявшейся автором, показано на рисунке 40. В ней зеркало прочно удерживается трением между резиновой пробкой, укрепленной на вертикальной стойке, и двумя горизонтальными деревянными бортиками.

Успешная полировка и точная фигуризация зеркала возможны только при наличии хорошего полировальника из смолы надлежащей твердости и строгого соблюдения правильного режима работы.

Очень важно подобрать правильный состав смолы и канифоли для полировальника. На очень мягком полировальнике (мало канифоли) совершенно невозможно получить правильную оптическую поверхность. С другой стороны, очень твердый полировальник, как правило, способствует появлению царапин, которые при полировке особенно страшны, так как для выведения их приходится вновь возвращаться к шлифовке. Нередко поэтому в процессе полировки зеркала полировальник приходится несколько раз переделывать, изменяя относительное содержание в нем канифоли и гудрона, прежде чем он будет давать хорошие результаты.

Большое значение имеет и температура помещения. Ее изменение хотя бы на несколько градусов уже серьезно отражается на свойствах полировальника.

При полировке зеркала полировальник всегда находится только под ним. В качестве полирующего материала используется крокус, разведенный в воде (его надо

осторожно брать сверху кисточкой и переносить на полировальник или «подмазывать» сбоку в щель между полировальником и зеркалом). При полировке зеркала делают те же самые движения, что и при тонкой шлифовке, но только эти движения должны быть медленными и очень плавными. Никакого нажима зеркалом на полировальник не допускается. Кроме того, через каждые 15—20 мин нужно делать небольшой перерыв в работе, чтобы зеркало могло остыть (отстояться) и принять свою естественную форму.

Большое значение при полировке имеет длина штрихов. Короткие штрихи больше споліровывають края и увеличивают кривизну периферийной зоны. Длинные штрихи производят такое же действие, главным образом в центральной зоне. Длина штриха не должна превышать $\frac{1}{3}$ радиуса зеркала, ибо в противном случае может легко появиться «завал края» (резкое уменьшение кривизны периферийной зоны), устранить который полировкой очень трудно.

Обычно при полировке и фигуризации каждые 30—40 мин зеркало подвергают исследованию. Если обнаруживается какой-нибудь упорно сохраняющийся недостаток в его форме, то, смотря по обстоятельствам, либо переделывают полировальник, либо изменяют характер и длину штрихов, либо, наконец, применяют наиболее эффективный способ воздействия на форму зеркала — частичную формовку или подрезку полировальника.

Назначение любого из этих способов сводится к тому, чтобы в нужных местах уменьшить площадь соприкосновения зеркала с полировальником. При полировке и точной фигуризации зеркала чаще всего приходится сталкиваться с таким упорно сохраняющимся недостатком в его форме, как излишнее углубление (т. е. повышенная кривизна) центральной зоны.

Уничтожение этого недостатка с помощью формовки состоит в том, что на центральную часть слегка подогретого в теплой воде полировальника накладывают вырезанный обычно в форме звезды небольшой кусочек плотной бумаги. Сверху накладывают (точно по центру) также слегка подогретое зеркало. Через 15—20 мин бумажную звезду удаляют: выдавленное ею углубление обеспечит менее интенсивное (по сравнению с периферией) споліровывание центральной зоны зеркала.

Подрезка полировальника отличается от формовки тем, что уменьшение площади соприкосновения зеркала с полировальником достигается срезанием (соскабливанием) в нужных местах тонкого наружного слоя смолы. С этой же целью автор с успехом применял оригинальный метод местной формовки с помощью разложенных в нужных местах на полировальнике небольших кусочков тонкой бумаги. Этот метод, являющийся своеобразной комбинацией первых двух методов, позволял при необходимости легко возвращаться к нормальному полировальнику (слегка нагретое зеркало оставлял на слегка нагретом полировальнике 15—20 мин). Этим самым несколько экономилось время на фигуризацию зеркала.

Простейшим способом определения степени отклонения формы зеркала от сферической является наблюдение в сильный окуляр дофокального и зафокального изображения искусственной звезды. Легко понять, что если, например, середина зеркала имеет большую кривизну, нежели его периферия, то дофокальное изображение звезды будет выглядеть яркой светлой точкой, окруженной туманным пятном, а зафокальное — ярким кольцом с темной серединой. Для зеркала с меньшей кривизной в центре картины нефокальных изображений звезды будут обратными.

Легко также распознать и завал края. В этом случае фокальное изображение искусственной звезды будет иметь вид яркой точки, окруженной более или менее длинными лучами.

Наиболее тонким методом исследования формы зеркала является теневой метод Фуко, при котором не только распознается тот или иной недостаток в форме зеркала, но и рельефно в виде контрастной картины на самом зеркале обрисовывается его истинная форма. Исследование зеркала теневым методом производится в темном помещении.

Зеркало ставят на подставку в вертикальном положении, а наблюдатель вместе с точечным источником света (искусственной звездой) и ножом Фуко располагается напротив зеркала приблизительно на двойном фокусном расстоянии от него. Наблюдатель должен поймать изображение искусственной звезды глазом и, удаляясь понемногу от зеркала или приближаясь к нему, добиться того, чтобы все зеркало казалось освещенным.

Очевидно, при этом точечный источник света будет находиться в фокусе зеркала. Затем перед самым глазом помещают нож Фуко и, осторожно перемещая его (с помощью длинного плеча рейки), добиваются того, чтобы он перерезал световые лучи, отраженные от зеркала. Если нож находится очень близко от фокуса зеркала, чуть впереди его, то в момент, когда он наполовину пересечет сходящиеся лучи, на зеркале появится очень рельефная теневая картина, в сильно преувеличенном виде передающая все отклонения формы зеркала от сферы. При этом, если, например, кривизна зеркала в центре меньше требуемой, то в этом месте будет хорошо заметна выступающая «горка» (выпуклость). А если, напротив, центральная часть зеркала сильно углублена, то на теневой картине в центре зеркала будет отчетливо заметна «ямка» (рис. 41). Нужно добиваться совершенно плоской

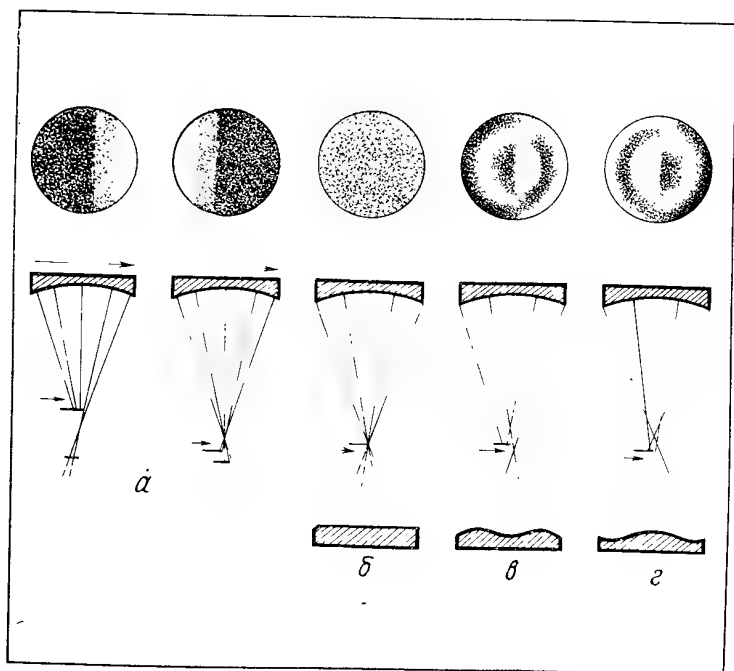


Рис. 41. Теневые картины при исследовании зеркала методом Фуко.

теневого картины, которая будет свидетельствовать о том, что форма зеркала очень близка к форме сферы.

Готовое зеркало должно давать отчетливые изображения. При употреблении сильного окуляра изображение искусственной звезды должно иметь вид маленького светлого диска, окруженного системой концентрических дифракционных колец. Разумеется, никакой матовости на оптической поверхности зеркала быть уже не должно.

У начинающего оптика первое изготовленное зеркало может оказаться не вполне безупречным: кое-где поверхность может быть матовой и на ней может остаться даже несколько небольших царапин. С этими недостатками можно смириться, если только форма зеркала вполне хороша. Указанные недостатки вызовут лишь очень небольшую потерю света, что никак не отразится на качестве изображения.

Мы рассмотрели здесь полировку и фигуризацию только сферического зеркала, которое на первых порах и должен стремиться сделать начинающий телескопостроитель. Более подробно все этапы изготовления такого зеркала, а также и светосильного параболического зеркала очень хорошо изложены в замечательной книге М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя» [14], которую мы и рекомендуем читателю.

Последним этапом в изготовлении астрономического зеркала является покрытие его оптической поверхности тонким слоем (0,3—0,5 мкм) серебра или алюминия. Серебряное покрытие осуществляется химическим способом в самой примитивной обстановке и вполне доступно каждому любителю телескопостроения. Однако серебряная пленка очень недолговечна, и обычно через полгода или год зеркало приходится серебрить заново. Гораздо надежнее алюминирование зеркала, но оно может быть осуществлено только в специальных лабораторных условиях. Поэтому зеркала любительских телескопов чаще всего серебрят.

§ 10. Серебрение зеркала

Существует несколько рецептов серебрения зеркала. Однако суть процесса серебрения при любом рецепте состоит в том, что из раствора соли серебра посредством введения восстанавливающих веществ извлекается ме-

таллическое серебро, которое и отлагается в виде тонкой зеркальной пленки на оптической поверхности зеркала.

Излагаемый здесь метод серебрения зеркала рекомендуется во многих руководствах и неоднократно применялся нами на практике.

Для серебрения зеркала нужны следующие материалы:

- 1) азотнокислое серебро или ляпис (AgNO_3);
- 2) химически чистое едкое кали (KOH) или едкий натр (NaOH);
- 3) сахар-рафинад;
- 4) чистый нашатырный спирт (NH_4OH);
- 5) азотная кислота (HNO_3);
- 6) винный спирт (ректификат);
- 7) дистиллированная вода.

Вместо дистиллированной воды можно употреблять чистую дождевую воду или воду, полученную при таянии чистого снега.

Наиболее дефицитным материалом является азотнокислое серебро. Его надо хранить в плотно закупоренной склянке в полной темноте. Едкое кали или едкий натр хранят в стеклянной посуде с пробкой, залитой парафином во избежание проникания влаги и углекислого газа из воздуха.

Для серебрения нужно иметь три раствора:

- 1) раствор азотнокислого серебра (азотнокислого серебра 10 г, дистиллированной воды 200 см^3);
- 2) раствор едкой щелочи (едкого кали 10 г или едкого натра 7 г, дистиллированной воды 200 см^3);
- 3) восстанавливающий раствор.

Восстанавливающий раствор готовят следующим образом. В 250 см^3 дистиллированной воды растворяют 70 г сахара-рафинада. Затем к раствору добавляют $3,5 \text{ см}^3$ крепкой азотной кислоты и полученную смесь кипятят на легком огне до появления лимонно-желтой окраски; по остывании в нее доливают 50 см^3 спирта-ректификата и дистиллированной воды до объема в 1000 см^3 .

Восстанавливающий раствор перед употреблением должен постоять несколько дней; хранить его можно неограниченное время. Остальные растворы надо готовить лишь перед употреблением, так как при хранении они портятся.

Вся посуда перед употреблением должна быть тщательно вымыта крепкой азотной кислотой, раствором едкой щелочи, тщательно промыта водой из-под крана и ополоснута дистиллированной водой. Вытирать ее не следует, а надо высушить, оберегая от пыли.

Затем зеркало (особенно с лицевой стороны) тщательно чистят ватным тампоном, смоченным сначала азотной кислотой, а затем раствором щелочи и, наконец, прополаскивают в дистиллированной воде. Безупречная чистота зеркала и всей посуды является совершенно необходимым условием для успешного серебрения. Ни в коем случае нельзя руками касаться лицевой поверхности подготовленного к серебрению зеркала: на зеркале останутся следы жира, и в этих местах серебряная пленка будет очень непрочной.

Серебрить зеркало лучше всего «лицом вниз» в неглубокой круглой стеклянной или эмалированной посуде (но только не в металлической). Для небольшого зеркала вполне подойдет обыкновенная глубокая тарелка. К тыльной поверхности зеркала смолой приклеивают небольшую деревянную рейку, длина которой несколько превышает размеры посуды для серебрения.

Приступая к серебрению, подвешивают зеркало в посуде «лицом вниз», опирая концы рейки, приклеенной к нему, на борта этой посуды. В случае необходимости можно подложить под эти концы стопку дощечек (рис. 42). Оптическая поверхность зеркала должна быть приподнята над дном посуды на 10—12 мм.

В чистую банку вливают раствор азотнокислого серебра с таким расчетом, чтобы на 100 см^2 поверхности зеркала в растворе содержалось 3—4 г азотнокислого серебра. Пользуясь капельницей или пипеткой, прибавляют к этому раствору по каплям нашатырный спирт и взбалтывают раствор. Он быстро становится мутным, а затем начинает светлеть. Продолжают добавлять по каплям нашатырный спирт

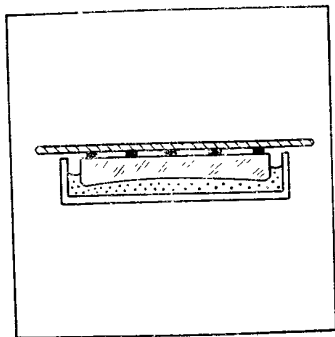


Рис. 42. Серебрение зеркала.

до тех пор, пока бурый осадок почти совсем не исчезнет. При этом жидкость не должна сильно пахнуть аммиаком.

Затем вливают в эту смесь раствор едкой щелочи приблизительно в том же количестве, сколько было взято раствора азотнокислого серебра. Опять появится бурый осадок, который надо уничтожить, прибавляя по каплям нашатырный спирт.

Окончательный раствор должен быть слегка мутным, желтовато-бурого цвета. Этот раствор может взорваться (особенно при долгом стоянии), поэтому надо работать в очках.

Наконец, отмеривают восстанавливающий раствор в количестве, равном половине количества раствора азотнокислого серебра. Затем в сосуд для серебрения выливают смесь растворов азотнокислого серебра, едкой щелочи и нашатырного спирта. Туда же немедленно вливают и восстанавливающий раствор и сильно перемешивают все стеклянной палочкой. Смесь сразу же приобретает бурый цвет, который скоро переходит в равномерно черный от выделяющегося металлического серебра. В эту смесь «лицом вниз» слегка наклонно погружают зеркало, чтобы под ним не задержался воздух; зеркало должно висеть в посуде 10—15 мин, пока не закончится процесс серебрения. Затем зеркало обильно промывают в струе воды и ставят на ребро для просушки в месте, хорошо защищенном от пыли. Раствор во избежание взрыва надо немедленно вылить.

После просушки, продолжающейся не менее суток, зеркало обычно приходится еще полировать, так как оно бывает довольно тусклым. Однако полировать посеребренное зеркало нужно очень осторожно. Делают это с помощью ватного тампона, которым нужно аккуратно, без нажима, водить кругообразными движениями по поверхности зеркала. Для такой полировки можно использовать сухой порошок крокуса; зеркало и тампон должны быть совершенно сухими, иначе серебряная пленка будет сорана.

К оптической поверхности посеребренного зеркала нельзя прикасаться, пыль можно осторожно смахивать очень мягкой кисточкой. Для предохранения от пыли и для уменьшения вредного воздействия воздуха зеркало в нерабочее время должно быть закрыто специальной

крышкой, которую надо снимать только перед наблюдениями. Обычно первое серебрение зеркала бывает не очень удачным. Повторив, если нужно, все операции с еще большей аккуратностью, можно добиться хорошего результата.

§ 11. Изготовление оправы главного зеркала, окулярного устройства и трубы телескопа

Готовое астрономическое зеркало должно быть заключено в специальную оправу и с помощью ее надежно закреплено на заднем обреze трубы телескопа. На переднем конце трубы (рефлектора системы Ньютона) ставится окулярное устройство.

Для небольшого зеркала диаметром 100—115 мм оправу можно почти целиком сделать из дерева. Нужно выпилить из куска хорошо просушенной доски толщиной примерно 25 мм кружок, диаметр которого превосходил бы диаметр зеркала на несколько миллиметров. Для предохранения от коробления его нужно пропитать олифой и затем покрасить. С одной стороны с помощью трех металлических «лапок» (из жести толщиной 1,5—2 мм) на нем укрепляют зеркало (между металлом и стеклом нужно проложить картонные прокладки). С противоположной стороны к этому же деревянному кружку под углом в 120° друг к другу привертывают шурупами три металлические пластины с отогнутыми под прямым углом концами. Последние заранее снабжаются продольными щелеобразными отверстиями под болты М5 или М6 (рис. 43). С помощью этих пластин оправу вместе с зеркалом укрепляют на заднем конце трубы телескопа. Щелеобразные отверстия в соединительных пластинах позволяют производить выверку положения зеркала при юстировке оптики телескопа.

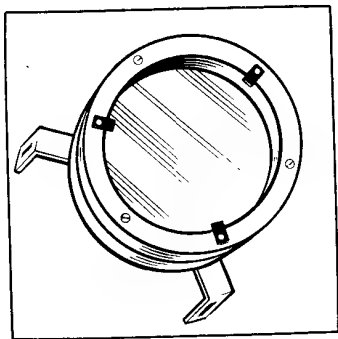


Рис. 43. Оправа для 100—115-мм зеркала.

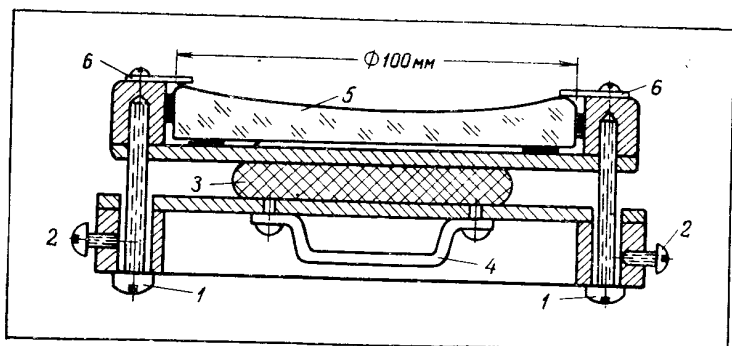


Рис. 44. Оправа для 100-мм зеркала:

1 — юстировочные винты; 2 — винты крепления; 3 — упругая шайба; 4 — ручка; 5 — зеркало; 6 — накладки.

На рисунке 44 показано устройство более совершенной оправы для 100-мм зеркала небольшого рефрактора системы Ньютона на переносном азимутальном штативе, построенного Т. М. Гордуновым и И. Т. Зоткиным.

Оправа зеркала конструктивно осуществлена в виде двух алюминиевых чашек, сложенных доньями, между которыми проложена упругая резиновая шайба. Чашки скреплены тремя юстировочными винтами, которые (вместе с упругой шайбой) позволяют наклонять переднюю чашку относительно задней. Последняя вплотную входит в трубу телескопа и прикрепляется к ней наглухо винтами, входящими в торец стенки чашки. Общий вид оправы с главным зеркалом показан на рисунке 45.

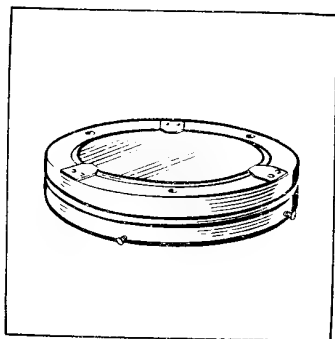


Рис. 45. 100-мм зеркало в оправе.

Оправу для крупного зеркала целесообразно сделать целиком из металла. На рисунке 46 показана оправа для зеркала 165-мм телескопа, изготовленного автором. Она представляет собой цилиндрическую чашу, сваренную из 8-мм железа и обточенную на токар-

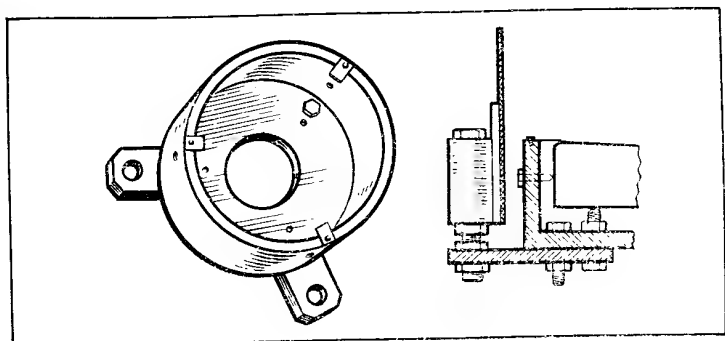


Рис. 46. Оправа для 165-мм зеркала.

ном станке. Толщина ее бортов и дна около 5 мм. Дно чаши снабжено центральным вентиляционным отверстием и тремя «лапками» из 5-мм железа, с помощью которых оправа прикрепляется у заднего обреза трубы телескопа посредством трех болтов М6 и трех пар гаек. Под углом в 120° друг к другу на бортах сбоку установлены зажимные болты М5 и пластинчатые держатели для зеркала. Зеркало разгружается в этой оправе на три точки.

Аналогично может быть сделана и оправа для более крупного зеркала (диаметром свыше 200 мм). Вместо разгрузки на три точки можно осуществить (с помощью трех коромысел) разгрузку на шесть точек, а для крепления к трубе использовать более крупные болты и гайки (например, М8 или М10).

Конструкция такой оправы с разгрузкой зеркала на шесть точек, предложенная А. Н. Подъяпольским, показана на рисунке 47. Эта оправа сделана из металлической (сталь, латунь или дюралюминий) полосы толщиной 2,5—3 мм, концы которой сведены в «стык» и склепаны при помощи специальной накладки. Сплошного дна оправа не имеет, а коромысла прикрепляются к ней с помощью трех «лапок» (тоже из 2,5—3 мм металлических полос), приклепанных на равных расстояниях друг от друга к кольцу оправы и отогнутых внутрь его под прямым углом. На концах каждого коромысла имеется по опорной точке в виде выступающей над его поверхностью проволоочной скобы с надетой на нее короткой резиновой трубкой малого диаметра. Каждое коромысло

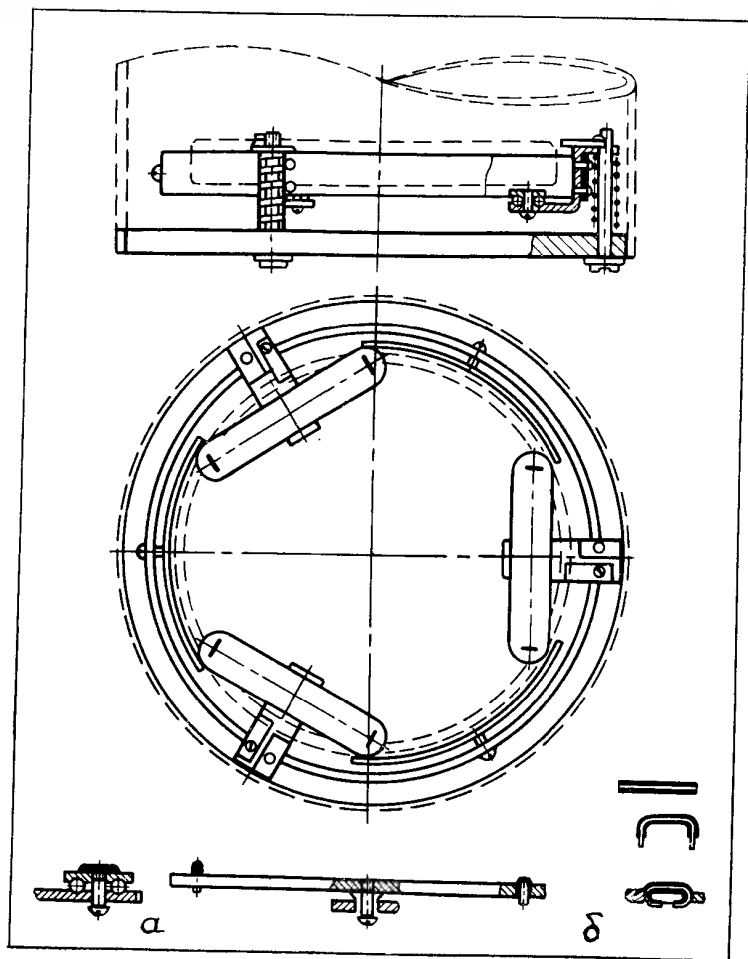


Рис. 47. Конструкция оправы для зеркала больших размеров:
a — разрез узла коромысла; *б* — конструкция опорной точки.

средней частью подвижно прикрепляется к своей опоре посредством небольшого болта и шайбы. Необходимая подвижность крепления коромысла достигается небольшим люфтом болта в отверстии опоры. Для более совершенной боковой разгрузки зеркала устраиваются (пока-

занные на том же рисунке) три боковых коромысла, изогнутых по радиусу и помещенных между зеркалом и боковой стенкой оправы.

Большое внимание надо уделить изготовлению окулярного устройства. Описываемое здесь окулярное устройство предполагает использование (вместо диагонального плоского зеркала) призмы полного внутреннего отражения и с успехом было применено автором в конструкции всех его телескопов.

Для телескопа диаметром 100—115 мм вполне подойдет небольшая призма от призматического бинокля с гранями катетов размером 20×30 мм. Такую призму можно приобрести вместе с набором оптики для призматического монокля (имеется в продаже в магазинах наглядных пособий). Для телескопа диаметром 150—165 мм (при светосиле около 1:10) можно использовать такую же призму.

Основанием окулярного устройства 165-мм телескопа является толстая алюминиевая пластина прямоугольной формы размером 200×70 мм и толщиной 20 мм, скрепленная с трубой двумя болтами М8. Прилегающая к трубе сторона этой пластины снабжена желобообразной выемкой.

Выступающие резьбовые концы соединительных болтов служат для временного присоединения к телескопу различных вспомогательных приборов. Эта пластина с одного конца снабжена отверстием для окулярной трубки, а с другого конца несет на себе ножеобразный пластинчатый держатель для призмы. Окулярные трубки выточены на токарном станке из нержавеющей стали. Фокусировка осуществляется их резьбовым вращением.

Пластинчатый держатель из 2-мм железа имеет Г-образную форму. Он выступает внутрь трубы примерно на половину ее диаметра. С ним подвижно на болтах соединена алюминиевая оправа для призмы (рис. 48). Выверка ее положения осуществляется при помощи поворота пластины около продольной оси, а также посредством поворота оправы призмы около одного из соединительных болтов. Сама призма закрепляется в алюминиевой оправе с помощью двух буртиков и диагонального пластинчатого держателя. Окулярное устройство такой конструкции легко выполнимо и вполне надежно в работе.

В конструкции окулярного устройства более крупного телескопа может быть предусмотрена еще специальная кассета, располагающаяся перед окулярными трубками и предназначенная для перемещения в ней рамки со светофильтрами.

Основная пластина может прикрепляться к трубе не двумя, а четырьмя достаточно крупными болтами. Она может быть снабжена специальным устройством для присоединения к телескопу различных вспомогательных приборов. Таково, например, изготовленное автором окулярное устройство для 240-мм рефлектора. Оно позволяет легко присоединять к телескопу фотоприставки, микрометр, спектроскоп, фотометры и другие вспомогательные приборы (см. вклейки 5, 6, 8).

Возможны и другие конструкции окулярного устройства, и в частности монтировка призмы (или диагональ-

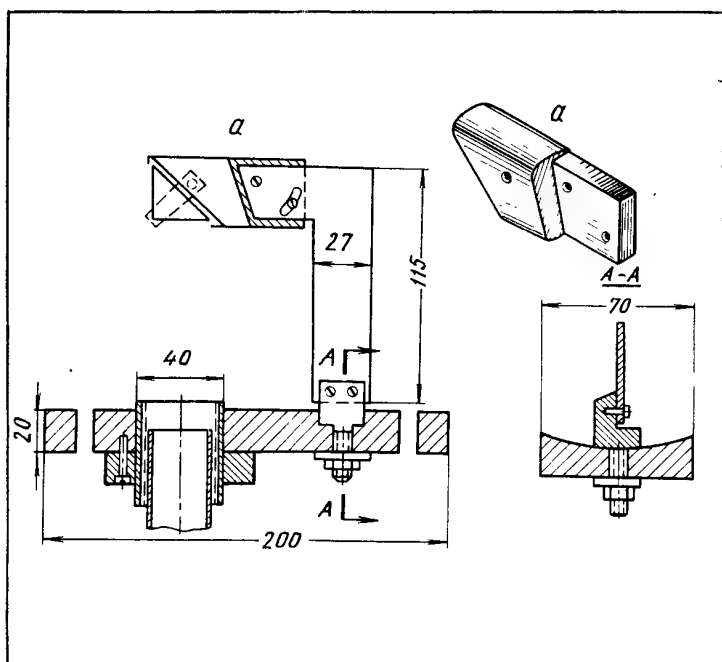


Рис. 48. Окулярное устройство.

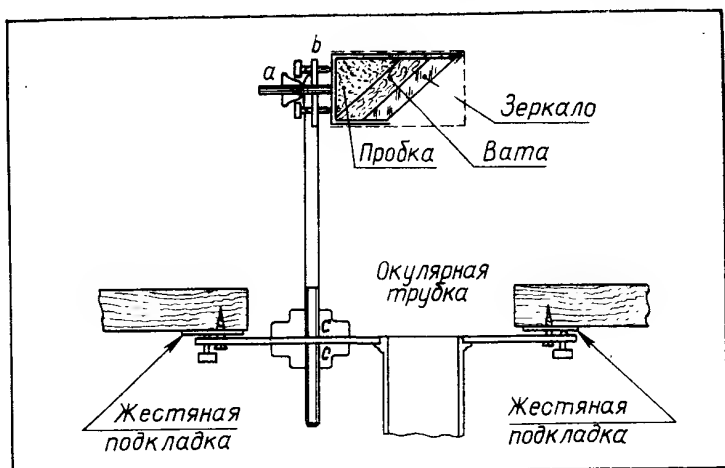


Рис. 49. Другая конструкция окулярного устройства.

ного зеркала). На рисунке 49 показана монтаж диагонального зеркала (вместо которого можно, разумеется, использовать призму полного внутреннего отражения), предложенная А. А. Чикиным. Выверка положения зеркала (призмы) при юстировке оптики телескопа в этой конструкции осуществляется с помощью регулировочных винтов *a*, *b* и гаек *c*. Вместо пластинчатого Г-образного держателя здесь применена цилиндрическая стойка с резьбовым основанием. Закрепить обойму с зеркалом (или призмой) на оптической оси трубы можно также с помощью трех или четырех проволочных (или, что лучше, сделанных из полос латуни или железа) растяжек. Мы не останавливаемся на описании этого способа крепления (как и на описании кремальерного устройства для перемещения окулярной трубки при точной фокусировке), полагая, что преподаватель при необходимости может с ним ознакомиться по специальной литературе [14], [15], [16].

Трубу для телескопа, вообще говоря, можно сделать из дерева или из бумаги. Труба рефлектора может быть сплошной или решетчатой. Но все же предпочтительнее сплошные металлические трубы, обладающие большей жесткостью и прочностью. Кроме того, металлическая

труба достаточно массивна и в соединении с хорошим и тоже достаточно массивным штативом будет лучше противостоять порывам ветра и, значит, обеспечит проведение более качественных наблюдений.

Трубу для небольшого телескопа с переносным азимутальным штативом можно сделать из кровельной миллиметровой жести. Ее длина должна быть примерно равна фокусному расстоянию зеркала, а внутренний ее диаметр должен немного превосходить диаметр зеркала. Труба для более крупного телескопа должна иметь более толстые стенки. Так, например, труба для 165-мм теле-

скопа, изготовленного автором, сварена из листового железа толщиной 2 мм. На ее задний конец наварено кольцо из 6-мм полосы шириной 50 мм. К кольцу в трех равноудаленных друг от друга точках приварены три небольших цилиндра с внутренней резьбой под болты М8.

С помощью болтов и трех пар гаек обеспечивается надежное крепление оправы с зеркалом к трубе и выверка ее положения относительно оси телескопа. На противоположном конце трубы сделан вырез для окулярных трубок и стойки с призмой. Место соединения трубы с полуосями склонений также усилено специальным наварным кольцом из 6-мм железа шириной около 120 мм. Полуоси склонений (труба монтирована на параллактической установке вилочного типа) диаметром 19 мм выточены на токарном станке. Они оканчиваются желобообразным расширением, при

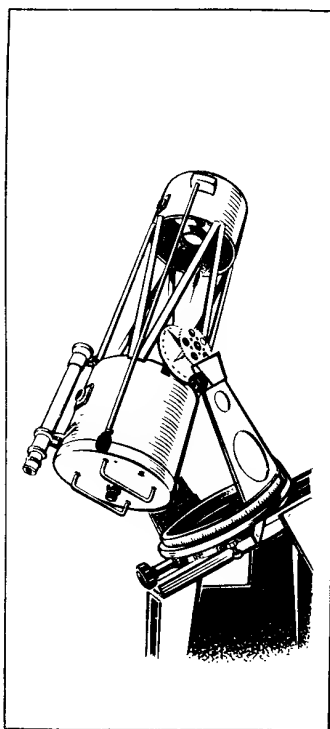


Рис. 50. Универсальный переносной телескоп-рефлектор с диаметром главного зеркала 250 мм, созданный А. Н. Подъяпольским.

помощи которого прикрепляются к трубе с диаметрально противоположных ее сторон болтами М8. Длина трубы 164 см, а ее диаметр 200 мм.

Аналогично устроена и труба 240-мм телескопа. Она отличается от трубы 165-мм рефлектора большими размерами, весом и жесткостью.

Любители телескопостроения проявляют большую изобретательность в конструировании различных механических узлов телескопа, в том числе и его трубы. Так, например, в отделе телескопостроения Московского отделения ВАГО А. Н. Подъяпольским разработана каркасная металлическая труба со стяжным устройством (рис. 50). Нижняя и верхняя ее части сделаны из толсто-стенных алюминиевых кастрюль, соединенных между собой дюраламиниевыми трубками.

Заслуживают внимание также бумажноклеевые трубы, изготовляемые из плотной ватманской бумаги на столярном клее («Любительское телескопостроение», выпуск первый).

Наконец, пожертвовав эстетической стороной дела, можно, в крайнем случае, изготовить и деревянную трубу с квадратным сечением из четырех сухих проолифенных досок.

§ 12. Установки для любительских телескопов

Самое серьезное внимание нужно уделить изготовлению установки (штатива) для телескопа, ибо только хорошая установка, сочетающая в себе достаточную жесткость и прочность с легкостью и плавностью движения, позволяет полностью использовать достоинства оптики телескопа.

Для рефлектора системы Ньютона целесообразнее всего построить установку вилочного типа. Такая установка, обладая сравнительно небольшими габаритами и исключительной компактностью, дает возможность с большим удобством располагаться во время наблюдений у передней (окулярной) части трубы телескопа.

Для небольшого рефлектора диаметром 100—115 мм можно ограничиться изготовлением небольшого переносного азимутального штатива, который отчасти будет работать как параллактический (рис. 51). Его почти цели-

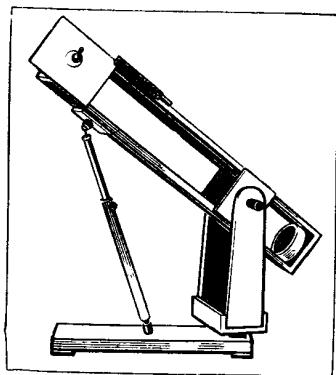


Рис. 51. 115-мм рефлектор, изготовленный московским школьником С. Чувахиным.

ком можно сделать из дерева, употребляя металл только для соединения отдельных частей. Устройство такого простейшего штатива было предложено М. С. Навашиным и с некоторыми изменениями опробовано автором на практике.

Основанием установки служит деревянная крестовина, сделанная из двух достаточно широких и толстых досок. В центре ее высверливают отверстие, в которое вставляют короткую металлическую трубку с внутренним диаметром, равным на-

ружному диаметру подшипников М201 или М202. Предварительно подшипники по одному с каждой стороны впрессовывают в эту трубку. В свою очередь внутри трубки через подшипники пропускают металлический стержень, оканчивающийся сверху резьбой и играющий роль вертикальной (азимутальной) оси штатива. С помощью двух гаек и двух широких шайб к этой оси присоединяют средней частью деревянный брусок длиной 250 мм и сечением 60×100 мм. Этот брусок является основанием вилки. К нему с помощью крупных шурупов с боков прикрепляют перья вилки в виде толстых деревянных планок сечением приблизительно 100×30 мм и длиной около 550 мм. Надежность крепления перьев к основанию вилки можно усилить с помощью металлических угольников на шурупах. В верхней части каждое перо вилки имеет по отверстию для болта М8 или М6. С помощью этих болтов и двух пар гаек с шайбами труба телескопа подвижно укрепляется между перьями вилки.

Для большей устойчивости трубу необходимо передней частью связать с основанием штатива с помощью раздвижной штанги из двух колен. Штанга прикрепляется к трубе и штативу на шариковых шарнирах. Штанга снабжается зажимным винтом, которым фиксируют ее длину, после того как телескоп наведен на светило. Можно еще предусмотреть и микрометрический винт для

небольших перемещений трубы телескопа по высоте. Общий вид установки показан на рисунке 52. На этом рисунке показана фрикционная пара, служащая для медленных перемещений трубы телескопа около вертикальной оси. Если нижний шарнир штатки закрепить на основании штатива в такой точке, чтобы угол φ (с вершиной в этой точке) между направлением на вертикальную ось телескопа и горизонтальным направлением был равен широте места, то при расположении вдоль меридиана штатив будет работать почти как параллактический, ведя трубу телескопа вдоль суточной параллели за светилом. Недостатком такой импровизированной «параллактической» установки является медленное вращение поля зрения и невозможность наблюдать светила в северной части неба. С этим, однако, можно смириться, тем более что вращение поля совершенно не сказывается на визуальных наблюдениях, а большинство светил (Луна, планеты, Солнце) находятся в южной половине неба.

Для более крупного телескопа с отверстием 150—165 мм уже необходима хорошая и достаточно массивная параллактическая установка. При этом вес телескопа значительно возрастет и его придется установить в специально построенном павильоне.

В качестве примера остановимся на изготовленной нами для 165-мм рефлектора системы Ньютона (фокусное расстояние сферического зеркала 159 см) достаточно совершенной и вместе с тем очень простой параллактической установки вилочного типа с разделенными кругами и мелкими движениями по обеим осям (рис. 53). Схема этой установки показана на рисунке 54.

Основанием установки служит металлическая тумба в форме трехгранной пирамиды с одним из двухгранных углов, равным широте места. Ее можно сварить или собрать на болтах из достаточно толстого уголкового желе-

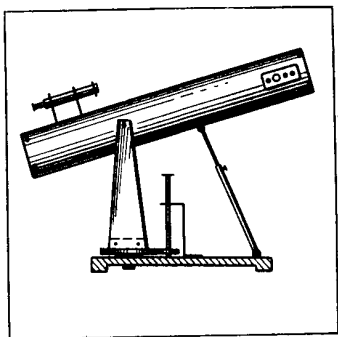


Рис. 52. Схема азимутального штатива для небольшого самодельного рефлектора.

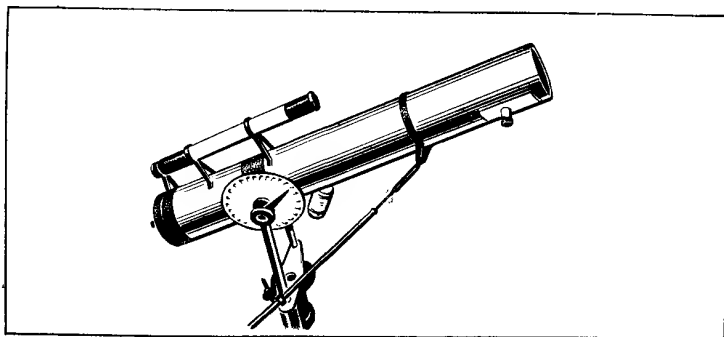


Рис. 53. 165-мм рефлектор на параллактической установке, изготовленный Н. К. Андриановым.

за и кусков листового железа, толщиной не менее 5 мм. На верхней наклонной грани ее болтами закрепляют два больших подшипника 2 под полярную ось 1. Полярная ось может быть сплошной или в виде толстостенной трубы длиной от 300 до 500 мм, с наружным диаметром не менее 60—70 мм (ее диаметр определится размерами подшипников). Верхнюю ее часть прочно закрепляют в центральном отверстии основания вилки либо на резьбе, либо путем запрессовки. Непосредственно под основанием вилки на полярной оси (над северным подшипником) закрепляют разделенный часовой круг 3 и зубчатое колесо 4 для мелких движений по оси прямых восхождений.

Основанием вилки может служить металлическая пластина 5 толщиной не менее 15 мм, длиной около 400 мм и шириной в средней части около 130—160 мм. На концах ее высверливают отверстия под «перья» вилки 9. Последние представляют собой два одинакового размера куска толстостенной металлической трубы с наружным диаметром не менее 40—50 мм. Длина каждого «пера» должна быть около 600 мм. Нижними концами их впрессовывают в отверстия основания вилки и заваривают. Перья вилки сверху заканчиваются опорными подшипниками для полуосей 8, составляющих в совокупности ось склонений телескопа. Эти подшипники вытачивают на токарном станке (из цельных металлических болванок) в виде цилиндрических пробок с расши-

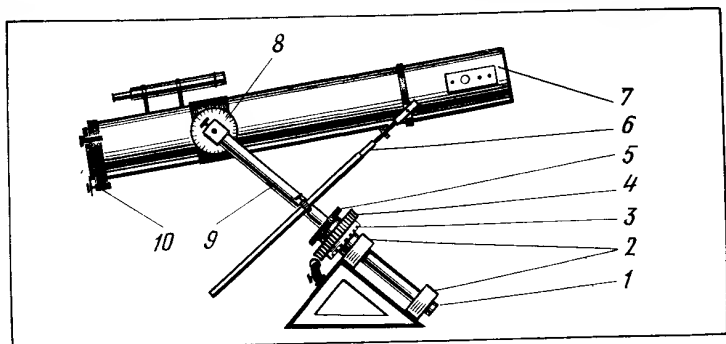


Рис. 54. Принципиальная схема установки 165-мм рефлектора Н. К. Андрианова:

1 — полярная ось; 2 — подшипники полярной оси; 3 — часовой круг; 4 — зубчатое колесо червячной пары; 5 — основание вилки; 6 — подвижная штанга; 7 — окулярный узел; 8 — опорный подшипник оси склонений; 9 — перо вилки; 10 — оправка главного зеркала.

рением в верхней части. Нижней своей частью они плотно входят в перья вилки и удерживаются там трением (можно добавить специальный зажимной болт). Каждый подшипник имеет по горизонтальному отверстию диаметром 20 мм для закрепления полуосей оси склонений. Для предотвращения люфта можно на каждый подшипник поставить сверху по одному прижимному болту М6 или М8.

Одна из полуосей должна выступать за внешнюю кромку опорного подшипника и заканчиваться квадратным сечением для штанги с противовесом. На втором подшипнике болтами закрепляют круг склонений. Очень полезна также специальная раздвижная из двух длинных трубок штанга 6 с микрометрическим двусторонним винтом (с левой и правой резьбой), с помощью которой можно стопорить трубу и сообщать ей мелкие движения около оси склонений. Своей «головкой» на шарнире она прикрепляется к трубе. При наведении телескопа на светило нижний конец штанги может свободно скользить по специальному опорному кольцу, подвижно укрепленному на одном из перьев вилки и снабженному зажимным болтом. Медленное движение телескопа вдоль суточной параллели осуществляется с помощью кинематической пары: зубчатое колесо — червяк — посредством

карданного ключа. Можно также для этой цели использовать часовой механизм или, что лучше, электромотор с редуктором и реостатом. Отдельные узлы механической части телескопа показаны на рисунке 55.

Раздвижная трубчатая штанга с микрометрическим винтом работает тем надежнее, чем дальше находится наблюдаемое светило от полюса мира. Но при наблюдении околополярной области от ее использования приходится отказаться. Поэтому, если имеется возможность, целесообразнее на ось склонений насадить второе зубчатое колесо, которое в соединении с червяком позволит с помощью достаточно длинной штанги осуществлять и фиксацию трубы телескопа, и ее мелкие движения около оси склонений. Такой кинематической парой по оси скло-

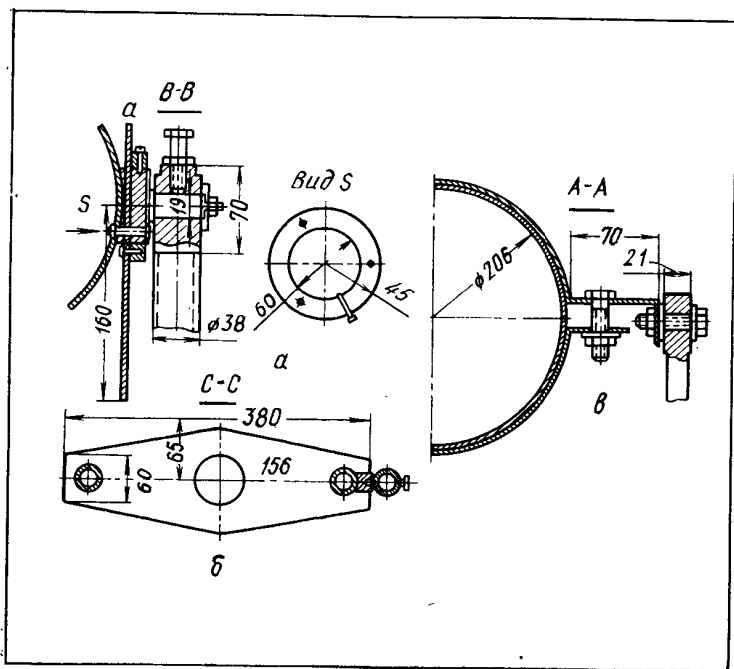


Рис. 55. Основные узлы параллактической установки 165-мм рефлектора:

а — крепление полуоси склонений к опорному подшипнику вилки; *б* — разметка основания вилки; *в* — крепление подвижной штанги к трубе телескопа.

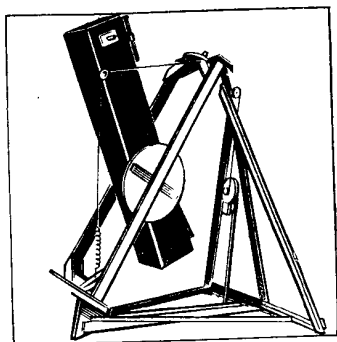


Рис. 56. Первый вариант установки английского типа по А. А. Чикину.

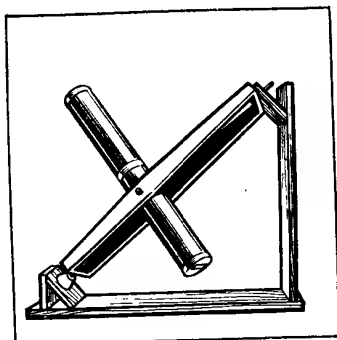


Рис. 57. Второй вариант установки английского типа по А. А. Чикину.

нений обладает параллактическая установка (тоже вилочного типа) 240-мм рефлектора, созданного автором. Принципиальная схема ее устройства такая же, как и схема только что описанной установки для 165-мм рефлектора. Однако она отличается от последней большей жесткостью, массивностью и наличием электропривода на полярную ось.

Превосходной параллактической установкой с полый сварной вилкой коробчатой конструкции, с мелкими движениями и разделенными кругами по обеим осям, а также совершенным электроприводом на полярную ось обладает упоминавшийся уже выше 340-мм телескоп А. С. Фомина, который по своим оптико-механическим качествам ничуть не уступает аналогичным по размерам телескопам фабричного изготовления.

Очень удобна и проста в изготовлении и эксплуатации параллактическая установка английского типа. На рисунках 56 и 57 приведены два варианта такой установки, сделанной почти целиком из дерева и пригодной для монтировки небольших рефлекторов.

Если деревянные опоры под подшипники полярной оси заменить прочными бетонными столбами, а полярную ось — раму сделать из металлических конструкций, снабдив ее хорошими подшипниками, то получится достаточно прочная и жесткая установка, пригодная для монтировки более крупного рефлектора. Ее можно снаб-

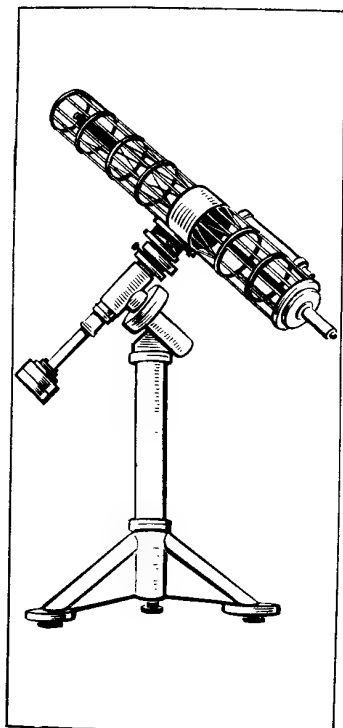


Рис. 58. 260-мм рефлектор, изготовленный школьниками Баку под руководством С. П. Сорина.

ньютонианский рефлектор М. М. Шемякина. Удачное использование металла и дерева при конструировании ответственных узлов установки делает ее вполне пригодной для проведения разнообразных и весьма ценных астрономических наблюдений. Экваториальная головка этой установки снабжена весьма прочным деревянным основанием треугольной формы с наружным срезом (к которому прикрепляются подшипники полярной оси), наклоненным к плоскости горизонта под углом, равным широте места.

дить разделенными кругами и червячными парами по обеим осям, а также часовым механизмом или электроприводом на полярную ось.

Менее удобна для ньютонианского рефлектора экваториальная установка немецкого типа. Однако даже при небольших размерах и весе она обладает значительной жесткостью и потому используется многими любителями для монтировки своих рефлекторов. На рисунке 58 показан 260-мм рефлектор, изготовленный любителями телескопостроения г. Баку под руководством С. И. Сорина. Этот рефлектор работает по оптической схеме Кассегрена, и потому экваториальная установка немецкого типа, на которой он смонтирован, для него как нельзя более подходит.

Весьма совершенной является и переносная экваториальная установка немецкого типа (рис. 35), на которой смонтирован 300-мм

Основанием всей установки является выполненная из дерева и достаточно жесткая тумба в виде низкого треножника. С помощью червячной пары посредством микрометрического ключа (с карданным шарниром) трубе телескопа при наблюдениях можно сообщать медленные перемещения вдоль суточной параллели.

Установку подобного типа (наряду с параллактической установкой вилочно-го типа) можно рекомендовать и для учебной астрономической обсерватории. Однако при стационарном размещении телескопа в павильоне деревянный треножник целесообразно заменить либо более массивным металлическим, либо (при устройстве обсерватории на поверхности земли) глубоко врытым в землю деревянным столбом или (также врытым в землю) достаточно длинным куском толстой металлической трубы.

Любители телескопостроения проявляют большую изобретательность в конструировании установок для своих телескопов и нередко используют для их изготовления подходящие узлы и детали от различных машин и приборов. На рисунке 59 изображена сборка небольшого любительского рефлектора на экваториальной установке немецкого типа, для изготовления которой были использованы части от автомобильного двигателя.

На рисунке 60 показана любительская экваториальная установка для рефлектора, сделанная из водопроводных труб.

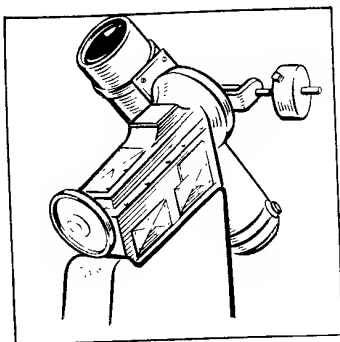


Рис. 59. Экваториальный штатив из частей автомобильного двигателя.

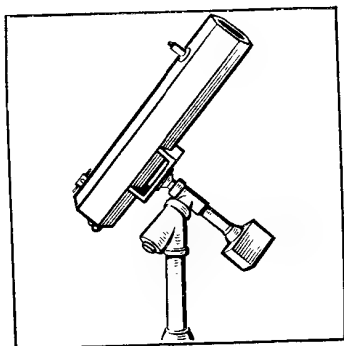


Рис. 60. Устройство штатива из водопроводных труб.

Как справедливо отмечает М. С. Навашин, создание установки любительского телескопа открывает широкое поле для личной изобретательности. Многие, конечно, еще зависят и от возможностей любителя телескопостроения. Однако, как нам кажется, при серьезном отношении к делу каждый любитель, сумевший изготовить хороший зеркальный объектив для телескопа, сможет создать для него и не менее хорошую установку.

§ 13. Сборка телескопа и его юстировка

После того как будут готовы все узлы телескопа, производится его сборка.

Установив и закрепив с помощью болтов параллактическую установку на вкопанном в землю столбе (деревянном или бетонном), монтируют на ней в первую очередь трубу телескопа. Затем на трубе закрепляют оправу с главным зеркалом и панель с окулярным устройством. Однако предварительно для предохранения от коррозии и из эстетических соображений телескоп должен быть покрашен. Установку и трубу изнутри нужно покрасить в черный цвет. Снаружи трубу красят белой эмалью. Заключительный этап сборки телескопа — тщательное уравнивание его трубы с помощью специально изготовленных для этого противовесов.

Телескоп необходимо снабдить искателем. Обычно в качестве искателя используется небольшой рефрактор, позволяющий получать увеличения в 10—15 раз. Его можно собрать из оптики бинокля. В крайнем случае в качестве искателя может быть использована самодельная труба с объективом из очкового стекла.

Понятно, что оптические оси телескопа и искателя должны быть параллельны. Поэтому крепление искателя к трубе телескопа должно предусматривать возможность выверки его положения.

Необходимо, наконец, произвести регулировку всей оптической части телескопа, т. е. его юстировку. Для длиннофокусного рефлектора (с относительным отверстием $1/10$) эта операция довольно проста и выполняется в два приема. Сначала выверяют положение диагональной призмочки (или диагонального плоского зеркала). Для этого, убрав окуляр и рассматривая в окулярную

трубку отраженное изображение главного зеркала, добиваются (используя регулировочные винты крепления призмочки) его концентричности с отверстием окулярной трубки.

Затем производят регулировку главного зеркала. Требуемые небольшие перемещения оправы с зеркалом осуществляются с помощью гаек, которыми оправа удерживается на крепежных болтах.

Если телескоп отъюстирован правильно, то, заглянув в окулярную трубку (из которой окуляр убран), увидим, что диагональная призмочка (зеркальце) проецируется на центральную часть главного зеркала. Окончательная проверка правильности юстировки телескопа и качества его оптики производится во время пробных наблюдений звезд.

§ 14. Электропривод на полярную ось

Если к павильону, где установлен телескоп, имеется возможность подвести ток от городской электросети, то разумнее всего для автоматического движения любительского телескопа около полярной оси использовать не часовой механизм, а электропривод.

Электропривод удобнее монтировать на отдельном небольшом столе, который можно было бы поставить внутри павильона около червячной пары параллактической установки телескопа. Для устройства электропривода нужно иметь небольшой асинхронный двигатель мощностью около 15—20 Вт, специально рассчитанный редуктор для понижения угловой скорости вращения и один или два реостата, позволяющие плавно менять сопротивление цепи в широких пределах.

Принципиальная схема электропривода (рис. 61) очень проста. На небольшом, но достаточно массивном столе монтируются электродвигатель и соединенный с ним жестко редуктор. Ось редуктора посредством карданного шарнира соединена с червяком червячной пары параллактической установки. Вращение от двигателя через редуктор и карданный шарнир передается на червяк, а от него — на зубчатое колесо, насаженное на полярную ось параллактической установки. Для регулировки работы электродвигателя последовательно с ним

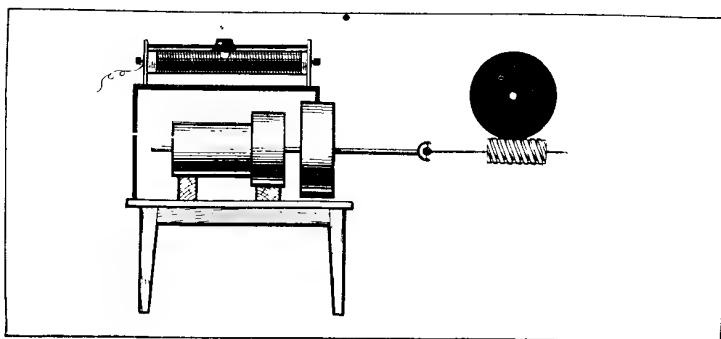


Рис. 61. Схема электропривода на полярную ось.

в цепь подсоединяют реостат. Очень удобно последовательно с электродвигателем и первым реостатом подключить в цепь еще один небольшой реостат с кнопочным управлением. Его можно снабдить длинным шнуром и при работе с телескопом держать около себя, используя при необходимости для корректировки работы электропривода. Для обеспечения стабильного режима работы электропривода желательно электродвигатель подключать в электросеть через стабилизатор напряжения.

Расчет коэффициента редукции k_1 редуктора, присоединенного к электромотору, легко выполнить по формуле:

$$k_1 = \frac{1}{n k_2 \cdot 1440}, \quad (16)$$

где k_2 — коэффициент редукции червячной пары (отношение числа оборотов полярной оси к числу оборотов червяка за единицу времени),

n — среднее число оборотов в минуту якоря электромотора.

Если электродвигатель хорошо работает на малых оборотах, то надобность в основном реостате отпадает.

На вклейке 1 показан электропривод, сконструированный автором для 240-мм телескопа. Редуктор заключен в масляный кожух. Весь электропривод смонтирован на подвижной каретке, с помощью которой он легко может быть отсоединен от телескопа.

§ 15. Конструирование любительских телескопов из готовой оптики

Самодельный рефлектор с вогнутым зеркалом, изготовленным руками любителя, не является единственным типом любительского телескопа. В практике работы астрономического кружка средней школы, по крайней мере на первых порах, немаловажную роль может сыграть конструирование телескопов из готовой оптики. Наиболее простыми из них являются телескопы из очковых стекол.

На целесообразность использования очковых стекол в качестве однолинзовых объективов для самодельных телескопов-рефракторов в свое время обратил внимание любителей астрономии еще А. А. Чикин, изложивший в своей книге «Самодельная астрономическая труба из очковых стекол» очень подробно методику изготовления таких телескопов и их применение в астрономических наблюдениях.

В теоретической оптике доказывается, что небольшая (диаметром меньше 4 см) собирательная линза, светосила которой не превосходит 1:50, способна давать изображения, практически свободные как от сферической, так и от хроматической аберрации.

Это обстоятельство, которое необходимо учитывать при изготовлении астрономических труб из очковых стекол, кладет предел их проникающей силе и разрешающей способности, ибо даже при фокусном расстоянии 2 м диаметр однолинзового объектива не должен превышать 40 мм. Тем не менее конструирование телескопов-рефракторов с объективами из очковых стекол имеет большую методическую ценность и может послужить началом развертывания серьезной работы по телескопостроению в школе.

На первых порах можно ограничиться изготовлением небольшой астрономической трубы, использовав в качестве объектива для нее собирательное очковое стекло с фокусным расстоянием 0,5 м (+2 диоптрии). Корпус трубы можно склеить из плотной бумаги. Ее длина должна быть короче на несколько сантиметров фокусного расстояния объектива, а внутренний диаметр — равным диаметру очкового стекла так, чтобы последнее могло быть с некоторым усилием вставлено в нее. На переднем конце

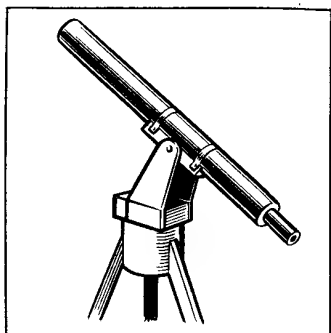


Рис. 62. Простейший азимутальный штатив для трубы из очковых стекол.

трубы закрепляется объектив (очковое стекло). Он диафрагмируется до отверстия 10—12 мм; в противоположный конец трубы вставляется короткая окулярная трубка с закрепленным в ней окуляром. Фокусировка осуществляется небольшими перемещениями окулярной трубки.

В качестве окуляра можно использовать небольшую лупу приблизительно с десятикратным увеличением или даже второе очковое стекло с оптической силой 15—20

диоптрий (и больше). Однако целесообразнее употребить готовые окуляры от микроскопа с увеличениями $7\times$, $10\times$ и $15\times$. С этими окулярами труба будет давать увеличения соответственно в 14, 20 и 30 раз. Употреблять более сильные окуляры уже не имеет смысла.

Для предохранения от сырости труба телескопа и окулярная трубка должны быть покрашены. Изнутри обе трубы красят в темный цвет. Готовую трубу монтируют на простейшем азимутальном штативе (рис. 62), снабженном деревянной треногой (можно использовать готовый фотографический треножник).

Несмотря на исключительную простоту устройства и легкость изготовления, эта труба позволяет провести много интересных ознакомительных наблюдений (лунный рельеф, солнечные пятна, спутники Юпитера, некоторые двойные звезды, туманности Ориона и Андромеды). С помощью ее можно легко различать звезды до 7-й звездной величины.

Еще более сильной получится труба, если в качестве объектива для нее использовать задиафрагмированную до 20—22 мм очковую линзу с фокусным расстоянием 1 м. С перечисленными выше окулярами от микроскопа она будет давать увеличения в 28, 40 и 60 раз. Трубу для этого телескопа можно склеить из большого листа ватманской бумаги; можно подобрать готовую тонкостенную металлическую трубу нужных размеров. Получен-

ный телескоп обладает угловым разрешением в 6" и позволяет видеть звезды до 8-й звездной величины. С его помощью можно заняться серьезными систематическими наблюдениями солнечных пятен, подробно ознакомиться с основными деталями лунной поверхности, уверенно следить за спутниками Юпитера и вообще проводить много интересных астрономических наблюдений с учебной целью.

Вершиной творчества в конструировании астрономических труб из очковых стекол будет создание длиннофокусного рефрактора (на уровне телескопической техники XVI столетия). Объективом для него послужит круглое (не обточенное с краев) очковое стекло с фокусным расстоянием 2 м. Свободное отверстие этого телескопа может уже достигать 40—45 мм (при этом сферическая и хроматическая аберрации будут почти незаметны). С перечисленными выше окулярами телескоп позволит получать увеличения в 56, 80 и 120 раз при угловом разрешении в 3". В него можно легко видеть звезды до 9-й звездной величины, уверенно различать кольцо Сатурна, экваториальные полосы на Юпитере и многие весьма мелкие детали лунной поверхности. Кроме того, его с большой пользой можно применять для наблюдений Солнца с учебной и научной целью.

Трубу для столь длиннофокусного телескопа клеить из бумаги нецелесообразно, так как, обладая чрезмерно малым весом, она будет дрожать при самых незначительных порывах ветра. Лучше подобрать готовую тонкостенную металлическую трубу нужных размеров. Автор, с увлечением занимавшийся в школьные годы постройкой телескопов из очковых стекол, для сооружения подобного длиннофокусного рефрактора с успехом использовал подходящих размеров кусок водопроводной трубы. Телескоп он монтировал на экваториальной установке, основанием которой служил вкопанный в землю столб. (Все сооружение находилось внутри павильона шестигранной формы с шатрообразной крышей.)

К описанному длиннофокусному рефрактору можно в качестве искателя присоединить небольшую трубу, также из очковых стекол, дающую увеличение в 10—15 раз, а сам телескоп смонтировать на достаточно жесткой и прочной параллактической установке, лучше всего английского типа (рис. 63).

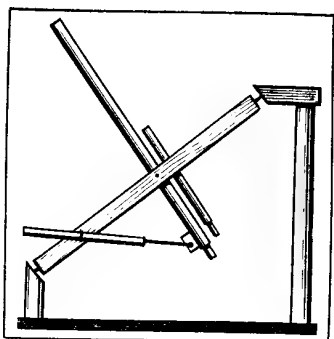


Рис. 63. Параллактическая установка для длиннофокусной трубы из очковых стекол (по А. А. Чикину).

Эта установка почти целиком может быть сделана из дерева. При желании ее можно снабдить раздвижной штангой с микрометрическим винтом для мелких перемещений трубы телескопа около оси склонений и разделенными кругами. Нетрудно также изготовить и приспособление (например, с фрикционным зацеплением) для небольших перемещений телескопа вдоль точной параллели.

Очковые стекла можно использовать для изготовления не только рефракторов, но и рефлекторов. Однако в отличие от рефрактора объективом рефлектора будет служить не собирающая, а рассеивающая очковая линза с вогнутой сферической поверхностью, которую предварительно придется посеребрить. Из-за отсутствия хроматической аберрации в рефлекторах диафрагмировать такой миниатюрный зеркальный объектив не нужно.

Однако, поскольку оптические поверхности очковых стекол изготавливаются с не очень высокой точностью, желательно, чтобы его фокусное расстояние при диаметре 40—45 мм было не менее 50—60 см. Еще лучше, если оно будет равно 100 см (но не больше, иначе светосила рефлектора будет слишком мала, а его труба — чрезмерно длинной).

Такой рефлектор можно собирать либо по схеме Ломоносова — Гершеля, либо по схеме Ньютона (рис. 64, а, б), вынося, однако, диагональную призму в сторону от оптической оси и наклонив немного соответствующим образом само главное зеркало (т. е. посеребренную вогнутую очковую линзу). Из-за небольшой светосилы рефлектора обе системы будут работать очень хорошо.

Для наблюдений Солнца вогнутую поверхность очковой линзы не следует серебрить, ибо отражаемый стеклянной поверхностью поток солнечных лучей настолько интенсивен, что требует дальнейшего ослабления с помощью фильтров.

Кроме очковых стекол, в качестве объективов для небольших самодельных телескопов можно использовать также объективы от проекционных фонарей или эпидиаскопов. Однако эти объективы при небольших фокусных расстояниях имеют значительные неисправленные аберрации и позволяют получать увеличения не свыше 15—20 раз.

Реальный путь создания достаточно сильного телескопа из готовой оптики заключается в приобретении настоящего астрономического объектива и комплекта окуляров к нему в одном из специализированных магазинов в Ленинграде или в Казани с последующим изготовлением на месте всей механической части телескопа.

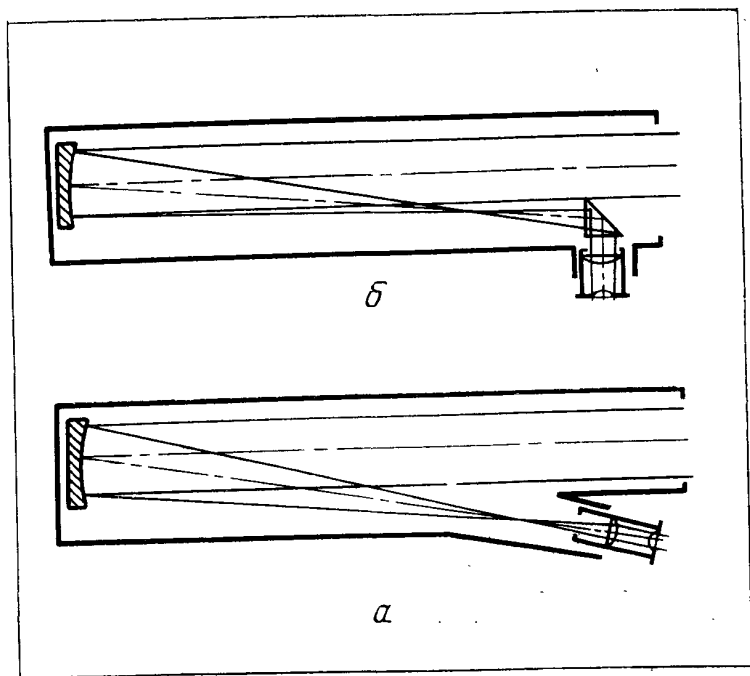


Рис. 64. Два варианта небольшого рефлектора с объективом из вогнутого очкового стекла:

а — схема Ломоносова—Гершеля; *б* — схема Ньютона с вынесенной вбок диагональной призмой.

Средняя стоимость одного ортоскопического окуляра — 25 руб. Впрочем, неплохие астрономические окуляры можно приобрести в магазинах наглядных пособий. Эти окуляры предназначены для школьных телескопов; их стоимость колеблется от 9 до 14 руб. за один окуляр.

Очевидно, телескоп из готовой оптики с механической частью собственного изготовления обойдется значительно дешевле аналогичного по мощности телескопа фабричного изготовления. Это обстоятельство, как нам кажется, заслуживает самого серьезного внимания.

§ 16. Регулировка параллантической установки

Параллактическая установка будет работать хорошо только в том случае, если ее полярная ось строго параллельна оси вращения Земли (оси мира). Вначале при монтаже телескопа в павильоне это важное требование выполняется не очень точно: параллактическая установка довольно грубо ориентируется вдоль меридиана, а ее полярной оси придается наклон, лишь приближенно равный широте места. Точная регулировка параллактической установки производится по наблюдениям звезд с применением сильного окуляра с крестом нитей.

Простейший метод регулирования установки заключается в следующем. Наводим телескоп на какую-нибудь звезду, находящуюся вблизи меридиана (недалеко от экватора) и одну из нитей (вращением окуляра) направляем вдоль ее суточной параллели. Если установка ориентирована точно по меридиану, то звезда при перемещении телескопа только около полярной оси не будет сходить с нити, оставаясь в центре поля зрения. Если же звезда постепенно отходит от нити вверх или вниз, то описываемая ею суточная параллель не совпадает с той линией, которую на небесной сфере прочерчивает оптическая ось телескопа, и, следовательно, установка не совсем точно ориентирована вдоль меридиана. Тогда немного поворачивают всю установку, изменяя ее азимут, и снова следят за звездой. Постепенно шаг за шагом добиваются столь точного положения установки, что звезда даже при длительном наблюдении остается все время в центре поля зрения (на кресте нитей). Это означает, что правильная установка по меридиану достигнута.

Вслед за этим производят выверку угла наклона полярной оси к плоскости горизонта. С этой целью телескоп наводят на какую-нибудь звезду, находящуюся вблизи первого вертикала: при таком положении трубы телескопа легче всего обнаруживается неточность в наклоне полярной оси. И если при ведении телескопа за звездой (при закреплённом ключе склонений) последняя смещается в ту или иную сторону перпендикулярно своей суточной параллели, то необходимо изменить наклон полярной оси.

Путем ряда проб добиваются, в конце концов, единственно правильного наклона полярной оси к плоскости горизонта: контрольная звезда не будет больше «сходить» с креста нитей. Ясно, что теперь линия, описываемая на небесной сфере оптической осью телескопа, будет весьма точно совпадать с суточной параллелью этой звезды.

Нетрудно понять, что при регулировке установки по азимуту наблюдаемое в окуляре смещение контрольной звезды вверх (фактически вниз) требовало поворота всей установки против часовой стрелки. Точно так же при регулировке установки по высоте наблюдаемое в первом вертикале смещение контрольной звезды вверх (фактически вниз) требовало уменьшения угла наклона полярной оси, а смещение звезды вниз — увеличения этого угла.

Регулировку параллактической установки можно осуществить также с помощью разделенных кругов. Однако этот метод, описание которого читатель может найти, например, в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» [3], требует наличия очень точных разделенных кругов и в любительской практике применяется редко.

§ 17. Испытание телескопа

Любой телескоп, в том числе и любительский телескоп-рефлектор, должен пройти предварительную проверку по наблюдениям различных небесных объектов и прежде всего одиночных и двойных звезд. Цель такой проверки состоит в том, чтобы установить, насколько высоки качества объектива (зеркала) телескопа и правильно ли отъюстирована его оптическая система.

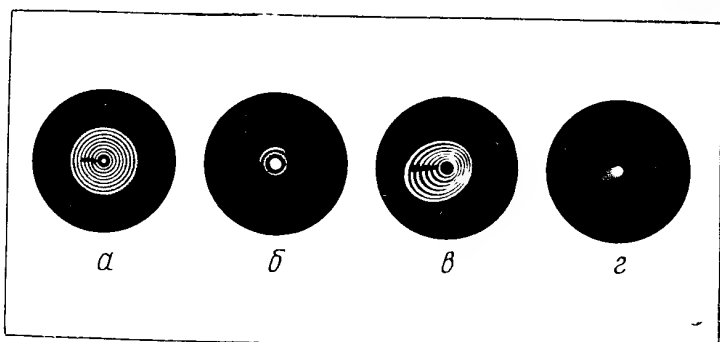


Рис. 65. Изображения звезды в рефлекторе Ньютона:
б, г — при точной фокусировке; *а, в* — при внефокальной фокусировке.
а, б — при точной юстировке; *в, г* — при неточной юстировке.

Наиболее точным методом испытания оптики телескопа и правильности ее юстировки являются наблюдения дофокального и зафокального изображения одиночной звезды с применением сильного увеличения. Для таких испытаний нужно выбирать не очень яркую звезду (3-й или 4-й звездной величины) недалеко от зенита и наблюдать ее только при вполне хороших атмосферных условиях. Если объектив телескопа обладает высокими оптическими качествами и оптика отъюстирована правильно, то внефокальные изображения звезды при наблюдении в рефрактор будут выглядеть в виде небольшого светлого диска, окруженного системой цветных концентрических дифракционных колец (рис. 65, *а, б*). При этом картины дофокального и зафокального изображений будут совершенно одинаковыми.

Такой же вид будут иметь внефокальные изображения звезды при наблюдении в рефлектор, только вместо центрального светлого диска будет видно темное пятнышко, являющееся тенью от диагональной призмы (или плоского зеркала). Неточность юстировки телескопа скажется в том, что концентричность дифракционных колец будет нарушена, а сами они примут вытянутую форму (рис. 65, *в, г*). При наведении на резкость изображение звезды будет не резко очерченным светлым диском, а слегка размытым светлым пятнышком с отброшенным в сторону слабым (эффект комы) «хвостом».

Если указанный эффект вызван действительно неточной юстировкой телескопа, то дело легко поправить, достаточно только, действуя регулировочными винтами оправы объектива (зеркала), несколько изменить ее положение. Гораздо хуже, если причина кроется в астигматизме самого объектива или (в случае ньютонианского рефлектора) в плохом качестве плоского диагонального зеркальца. Устранить недостаток можно только перешлифовкой и переполировкой дефектных поверхностей.

По внефокальным изображениям звезды можно легко обнаружить и другие недостатки телескопического объектива, если они имеются. Так, например, различие в размерах соответственных дифракционных колец дофокального и зафокального изображений звезды свидетельствует о наличии сферической аберрации, а различная их цветность — о значительном хроматизме (для линзового объектива); неравномерная плотность распределения колец и различная их интенсивность указывают на зональность объектива, а неправильная форма колец говорит о местных, более или менее значительных отклонениях оптической поверхности от идеальной.

Если перечисленные недостатки, открываемые картиной внефокальных изображений звезды, невелики, то с ними можно мириться. Зеркальные объективы любительских телескопов, успешно прошедшие предварительную проверку теневым методом, как правило, имеют безукоризненную оптическую поверхность и отлично выдерживают испытание по внефокальным изображениям звезд.

Реальную разрешающую способность телескопа очень удобно проверить по наблюдениям тесных звездных пар с известными угловыми расстояниями между их компонентами. Впрочем с той же целью можно наблюдать и поверхности больших планет. Так, например, телескоп с хорошим 150-мм объективом при благоприятных атмосферных условиях должен легко разделять пары двойных звезд ϵ_1 и ϵ_2 Лиры, ξ Большой Медведицы, на поверхности Юпитера отчетливо показывать конфигурацию полюс, красное пятно, тени от спутников, а на кольце Сатурна при достаточном его раскрытии — щель Кассини.

Подробные списки объектов, предназначенных для испытания телескопов, приводятся во многих практических руководствах [2].

§ 18. Правила обращения с телескопом

Телескоп является очень точным и нежным оптико-механическим прибором, требующим к себе аккуратного и бережного отношения. В связи с этим не лишним будет напомнить читателю основные правила обращения с телескопом.

Прежде всего нужно тщательно оберегать телескоп от ударов и сотрясений, которые могут вызвать нарушение юстировки его оптики и даже ее повреждение. Если телескоп смонтирован на параллактической установке с микрометрическими движениями по обеим осям и часовым механизмом или электроприводом на полярную ось, то для предотвращения преждевременного износа этих узлов при работе с телескопом нужно всегда обращать внимание на его балансировку. Если при присоединении к телескопу тех или иных вспомогательных приборов и принадлежностей его балансировка нарушится, ее надо непременно восстановить при помощи подвижных грузов и дополнительных противовесов.

Самое бережное отношение должно быть к важнейшей части телескопа — объективу. Прежде всего нужно тщательно оберегать его от запывания и загрязнения, закрывая в нерабочем состоянии специальной защитной крышкой. Тем не менее с течением времени оптические поверхности объектива все-таки запываются, загрязняются, что приводит к некоторому уменьшению проникающей силы телескопа. Увлечаться частой чисткой оптических поверхностей объектива не следует, но если уже такая необходимость назрела, то нужно отнестись к делу серьезно, помня о том, что очень легко каким-нибудь необдуманным действием привести объектив в полную негодность.

Линзы ахроматического объектива телескопа-рефрактора изготавливают из специальных сортов оптического стекла, которое в отличие от обыкновенного зеркального стекла характеризуется большой химической прочностью. Поэтому ни в коем случае при чистке оптических поверхностей линзового объектива нельзя применять никакие реактивы, кроме чистого ректифицированного спирта. Спиртом нужно смочить чистый ватный тампон и, предварительно смахнув с линзы пыль чистой мягкой

кисточкой, осторожно и без всякого нажима водить этим тампоном по поверхности линзы. При этом нельзя касаться линзы руками.

Линзовый объектив нужно чистить только снаружи. В случае же необходимости разборку объектива следует предоставить опытному специалисту-оптику.

Очень бережного отношения требует и зеркальный объектив, оптическая поверхность которого покрыта нежной и тонкой отражательной пленкой. Этой пленки нельзя касаться руками, а осевшую на нее пыль нужно время от времени осторожно смахивать чистой мягкой кисточкой.

В зимнее время при внезапных резких оттепелях зеркало может сильно запотеть. Влажная отражательная пленка очень непрочная и ее ни в коем случае нельзя ничем вытирать; запотевшее зеркало вместе с оправой надо перенести в теплое помещение, где оно быстро высохнет. После этого оправу с зеркалом вновь устанавливают на свое место.

Окуляры нужно хранить в закрытом ящике и тщательно оберегать от нечаянных сотрясений. Их линзы надо периодически чистить с помощью ватного тампона, смоченного в эфире или в чистом ректифицированном спирте. При наблюдениях наружная поверхность глазной линзы нередко запотеваает; ее ни в коем случае нельзя вытирать рукой. Для этой цели нужно иметь небольшую чистую тряпочку, которую при хранении следует оберегать от запыления и загрязнения.

Большую опасность для окуляров представляют и наблюдения Солнца, если только не применяется специальный солнечный окуляр. От сильного жара, который создается в фокальной плоскости объектива телескопа, наведенного на Солнце, передняя (полевая) линза окуляра может перегреться и треснуть. Поэтому объектив сколько-нибудь сильного рефрактора нужно обязательно диафрагмировать до относительного отверстия $1/40$ — $1/50$. Отверстие диафрагмы для зеркального объектива рефлектора (с учетом заслонения его центральной части диагональной призмой или плоским зеркальцем) должно быть несколько больше.

Понятно, что столь сильное диафрагмирование объектива телескопа значительно понижает его разрешающую способность, поэтому гораздо целесообразнее (это

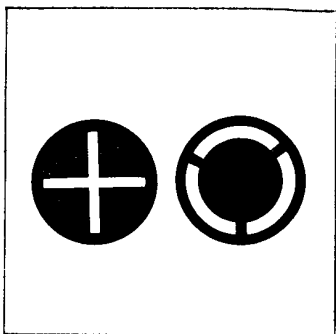


Рис. 66. Диафрагмы на объектив телескопа, предназначенного для наблюдений Солнца.

было проверено автором на практике) при наблюдениях Солнца заслонять не периферийные зоны объектива, а его центральную часть. В этом случае объектив будет работать своей кольцевой периферийной зоной и его разрешающая способность, определяемая поперечником внешнего контура этой зоны, будет несколько выше, чем при обычном диафрагмировании. Неплохие результаты дает также диафрагма в виде непрозрачного диска с рядом радиальных щелей, кото-

рым полностью накрывается объектив телескопа (рис. 66).

Превосходным инструментом для наблюдений Солнца является телескоп-рефлектор, с зеркал которого удалено отражательное покрытие. В этом случае надобность в диафрагмировании объектива полностью отпадает, хотя слабая бленда на окуляре по-прежнему должна быть. На вклейке 2 показан спаренный телескоп автора: вместе с обычным 240-мм рефлектором, предназначенным для наблюдений звезд, планет, Луны и других неярких объектов, на той же установке монтирован 165-мм рефлектор, с главного зеркала которого отражательное покрытие снято. Тем самым этот второй телескоп превращен в специальный солнечный телескоп весьма большой мощности.

Пыль, грязь и влага — злейшие враги столь точного и совершенного прибора, каким является телескоп. Поэтому нужно постоянно следить за смазкой различных механизмов и трущихся частей установки телескопа, периодически их чистить и возобновлять покраску. Очень полезно также для предохранения от пыли и влаги в нерабочее время закрывать телескоп специальным чехлом из водонепроницаемого материала. При бережном обращении телескоп будет служить долго и безотказно.

Глава III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ К ТЕЛЕСКОПАМ



§ 19. Вводные замечания

Преподавание астрономии в средних школах и в педагогических институтах в наши дни немислимо без постановки разнообразных астрофизических наблюдений, способствующих более глубокому и прочному усвоению учащимися как программного материала, так и различных внепрограммных вопросов, выносимых для изучения на факультативные курсы и внеклассную, кружковую работу по астрономии.

Однако в настоящее время небольшие телескопы фабричного изготовления, предназначенные для учебных целей, снабжаются весьма ограниченным количеством вспомогательных принадлежностей, а массовый выпуск различных учебных астрофизических приборов до сих пор еще не налажен. Поэтому очень важное значение приобретает чрезвычайно актуальная и ценная в педагогическом отношении проблема конструирования самодельных приборов, необходимых для проведения учебных астрофизических наблюдений.

Успешное решение этой проблемы будет способствовать значительному повышению уровня преподавания астрономии.

В этой главе излагается методика изготовления целого ряда вспомогательных приборов и принадлежностей к телескопам, начиная от самых простых и кончая такими сложными, как двухпризменный спектроскоп и электрофотометр. Все эти приборы и принадлежности могут быть изготовлены силами учащихся (студентов) — членов астрономического кружка при наличии небольшой механической мастерской, оснащенной токарным и сверлильным станками.

§ 20. Приспособления для быстрой смены светофильтров и бленд

При телескопических наблюдениях очень полезны приспособления, позволяющие легко и быстро заменять одни светофильтры и бленды другими. Из таких приспособлений более всего заслуживают внимания вращающийся дисковый револьвер и скользящая рамка. Их изготовление не представляет особых трудностей.

Устройство и принцип действия дискового револьвера со светофильтрами и блендами понятны из рисунка 67. На небольшом штыве, закрепленном на окулярной панели телескопа (ньютонианского рефлектора), может свободно вращаться фанерный или картонный диск, по периферии которого расположены круглые отверстия со вставленными в них светофильтрами и блендами. Для предохранения от ночной сырости диск должен быть покрашен. Диаметр диска и его положение выбирают так, чтобы каждый светофильтр и каждая блenda могли расположиться как раз перед глазной линзой окуляра в непосредственной от нее близости. Если окулярная панель сделана из металла (например, из толстой алюминиевой пластины), то штыв с диском удобнее всего закреплять на ней, вставляя его нижним концом в специально высверленное в панели отверстие и поджимая сбоку небольшим зажимным болтом.

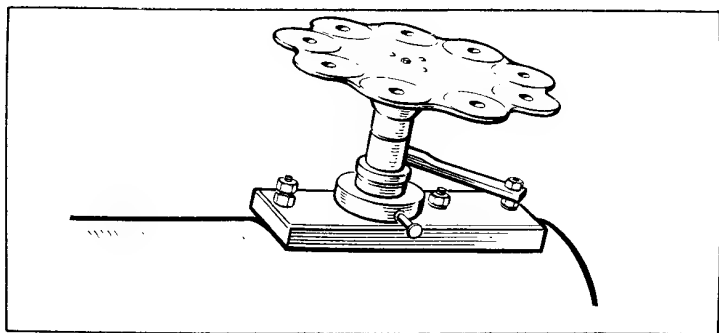


Рис. 67. Дисковый револьвер для быстрой смены светофильтров и бленд.

Еще более удобна в обращении скользящая рамка со светофильтрами и блендами (см. вклейку 7), располагающаяся вместе с удерживающей ее обоймой в специальной выемке на тыльной стороне окулярной панели. Такое расположение рамки делает ее одинаково пригодной как для визуальных, так и для фотографических наблюдений. Изображенная на рисунке рамка на семь гнезд (для светофильтров и бленд) была изготовлена специально для 240-мм телескопа из толстой дюралевой пластины.

Фиксация рамки осуществляется с помощью зажимного болта. Она не мешает присоединению к телескопу различных астрофизических приборов (фотометры, спектрограф) и в работе используется вместе с ними как их составная часть. Разумеется, в такую рамку могут быть вставлены только стеклянные светофильтры и бленды с оптически плоскими поверхностями.

§ 21. Приспособления для фотографирования светил в главном фокусе и с окулярным увеличением

Описываемые здесь приспособления для фотографирования светил в главном фокусе телескопа и с применением окулярного увеличения предполагают использование корпуса зеркального фотоаппарата (например,

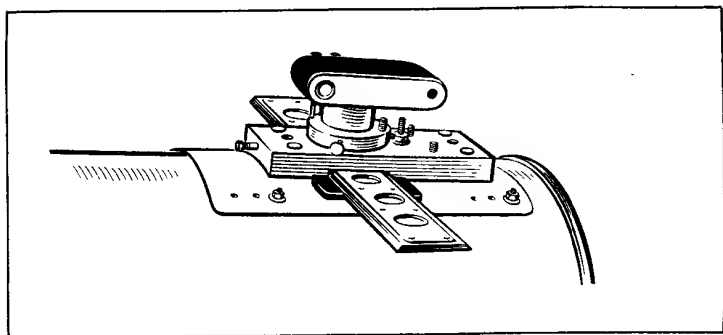


Рис. 68. Приспособление для фотографирования в главном фокусе.

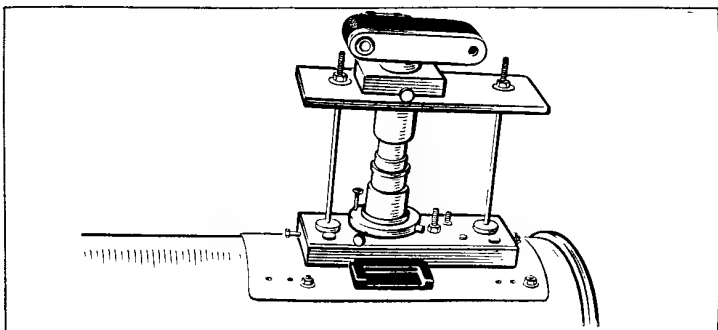


Рис. 69. Приспособление для фотографирования с окулярным увеличением.

«Зенит»). Эти приспособления были сконструированы для рефлекторов, работающих по оптической схеме Ньютона. Аналогичные приспособления, пригодные к использованию в соединении с рефрактором, подробно описаны в литературе [25], [26], [29].

Особенно простым является приспособление для фотографирования светил с помощью рефлектора в фокусе Ньютона. Оно представляет собой короткую соединительную трубку стандартных размеров, которую резьбовым концом ввертывают вместо объектива в соответствующее гнездо корпуса узкоплечного фотоаппарата. Вторым концом эту трубку вставляют в круглое отверстие окулярной панели вместо удаленной оттуда окулярной трубки (рис. 68). Фокусировка осуществляется небольшими перемещениями соединительной трубки в окулярном гнезде, а фиксация ее положения — специальным прижимным болтом, расположенным на окулярной панели. При необходимости фокусное расстояние главного зеркала можно несколько удлинить, закрепив на главной оптической оси телескопа, непосредственно за окулярным отверстием, слабую рассеивающую линзу (можно использовать очковое стекло).

Нетрудно сделать и приспособление для фотографирования светил при помощи ньютонианского рефлектора с окулярным увеличением (рис. 69). Его устройство понятно из рисунка 70. К планке 6, сделанной из текстолита или фанеры толщиной 5 мм и снабженной круглым

отверстием под стандартную соединительную трубку 4, прикрепляют на шурупах алюминиевый брусок 2 с таким же отверстием так, чтобы оба отверстия совпали. Зажимной болт 3 фиксирует положение соединительной трубки, на верхний резьбовой конец которой навернут корпус 5 зеркального фотоаппарата. Сама планка 6 снабжена двумя металлическими штангами 7, с помощью которых она укреплена на окулярной панели 1 телескопа. С этой целью в окулярной панели просверлены два отверстия, в которые вставляют концы штанг. Для предотвращения люфта обе штанги имеют упорные цилиндрические расширения. Фиксация осуществляется с помощью двух прижимных болтов 8. Длина соединительной трубки должна быть подобрана с таким расчетом, чтобы в нее частично входила окулярная трубка.

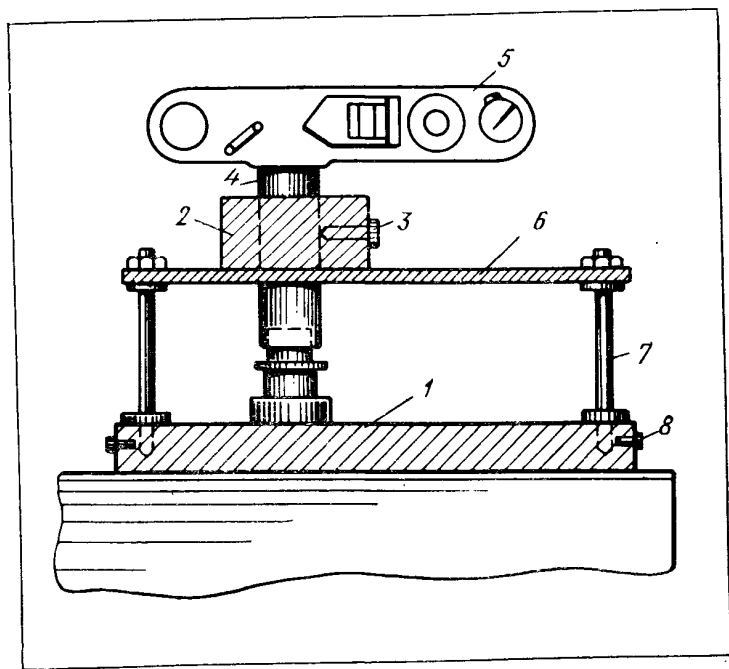


Рис. 70 Схема устройства приспособления для фотографирования с окулярным увеличением.

Фокусировку производят перемещением окулярной трубки, а выбор нужного масштаба изображения — перемещением соединительной трубки. Соединительная трубка должна быть зачернена изнутри.

Описанное приспособление вполне надежно в работе, а способ его крепления к телескопу очень прост и позволяет в случае надобности легко и быстро чередовать визуальные наблюдения с фотографическими.

§ 22. Фотоприставка с кассетой для съемок на узкую пленку

Вместо корпуса малоформатного фотоаппарата для учебных фотографических наблюдений можно употребить самодельную фотоприставку к телескопу. Фотоприставка состоит из направляющей пластины 1 и кассеты для пленки 2 (рис. 71). Прибор почти целиком может быть сделан из дерева и фанеры. Направляющую пластину прикрепляют к окулярной трубке. С тыльной стороны пластина имеет реечные салазки, по которым (с некоторым трением) может скользить кассета.

Кассету делают из фанеры. Для пропускания светового пучка одна из ее сторон снабжена четырьмя круглыми отверстиями (число их может быть и больше) диаметром 22 мм. Во время съемки против окулярной трубки рефлектора поочередно (на каждый кадр пленки) устанавливают одно из этих отверстий. Кассета вмещает отрезок пленки на столько кадров, сколько в ней сделано отверстий (примерно на четыре кадра).

Направляющая пластина имеет снаружи простой затвор 3, сделанный из толстой железной пластинки. Посредством пружины он может приводиться в исходное положение. Затвор открывается вручную при помощи шнура, прикрепленного к его свободному концу.

Изображение фокусируют по матовому стеклу, вставляемому перед началом съемки вместо кассеты. Достаточно длинная полоса из плотной черной бумаги, вставляемая в кассету между стенкой с круглыми отверстиями и пленкой, предохраняет последнюю от засвечивания.

Перед съемкой, после того как кассета с пленкой будет вставлена в направляющие пазы салазок фотоприставки, эта бумажная полоса вытягивается из кассеты за выступающий конец.

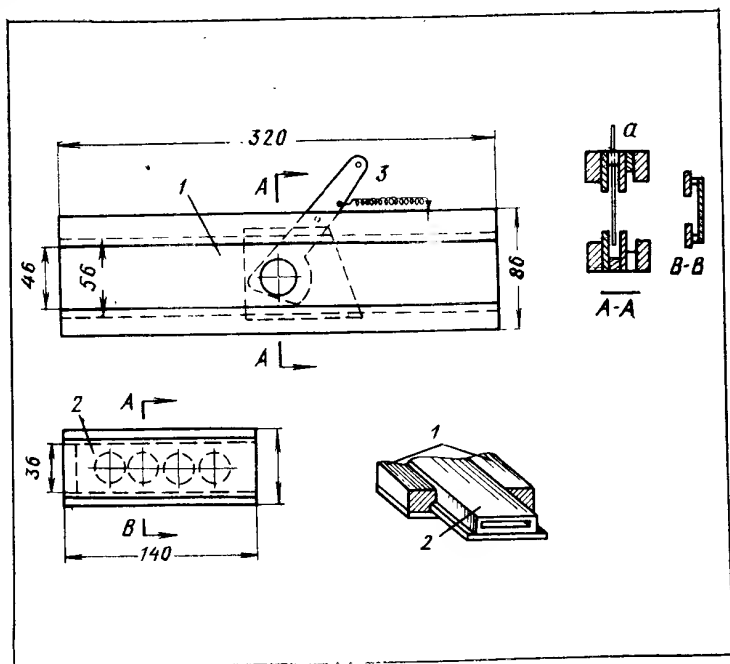


Рис. 71. Фотоприставка к рефлектору для фотографирования на узкую пленку.

При желании описанную фотоприставку можно использовать с небольшими переделками и для фотографирования с окулярным увеличением. Для этого нужно только добавить к ней спереди небольшую соединительную трубку надлежащей длины, предусмотрев при этом возможность точной фокусировки посредством смещения окулярной трубки вместе с вставленным в нее окуляром.

§ 23. Солнечные экраны и камеры

Изображение Солнца очень удобно демонстрировать сразу нескольким лицам, отбросив его на специальный экран, расположенный за окуляром телескопа. Солнечный экран можно использовать при систематических на-

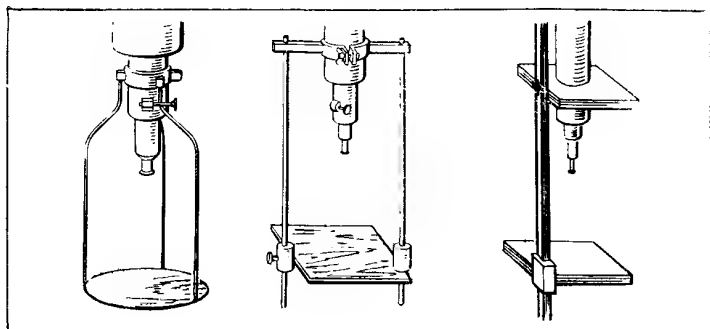


Рис. 72. Солнечные экраны к рефрактору.

блюдениях Солнца (статистика солнечных пятен, их перемещение по диску Солнца и т. д.).

Различные конструкции солнечных экранов и способы их крепления к телескопу-рефрактору понятны из рисунка 72. Размеры экрана, сделанного из фанеры толщиной 5 мм, текстолита или дюралевой пластины, позволяют получать на нем изображение Солнца диаметром не менее 10 см. Желательно, чтобы конструкция прибора была достаточно жесткой и давала возможность легко менять расстояние экрана от телескопа.

Весьма удобный вариант конструкции солнечного экрана и его крепления к рефлектору системы Ньютона показан на рисунке 73, а. Металлическая муфта M_1 с желобообразным основанием прикрепляется на четырех болтах к трубе телескопа, недалеко от его окулярного узла OK .

Другая муфта с плоским круглым основанием M_2 прикрепляется на шурупах к самому экрану с его тыльной стороны. Роль связующей штанги T выполняет металлическая трубка длиной до 40—50 см.

Зажимные болты фиксируют как штангу в муфте M_1 , так и сам экран. Если окулярный узел ньютоновского рефлектора имеет металлическую панель Π (рис. 73, б), то штангу с экраном можно присоединить непосредственно к ней: для этого нужно только в панелях сделать резьбовое отверстие, а соответствующий конец трубчатой штанги снабдить впрессованным в нее металлическим стержнем с резьбой под это отверстие.

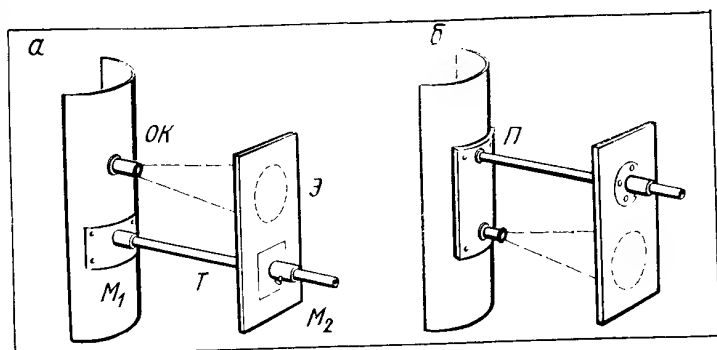


Рис. 73. Способы крепления солнечного экрана к рефлектору Ньютона.

Для предотвращения люфта этот стержень на расстоянии 10—15 мм от края должен иметь небольшое цилиндрическое расширение. Чтобы присоединить такой экран к телескопу, достаточно ввернуть до упора штангу в резьбовое отверстие окулярной панели.

Оригинальное решение вопроса о присоединении солнечного экрана к рефлектору системы Ньютона дает применение призмы полного внутреннего отражения (рис. 74), расположенной за окуляром телескопа и отбрасывающей изображение Солнца назад в направлении, параллельном трубе телескопа. В этом случае штанга T с экраном $Э$ может крепиться своими концами непосредственно к трубе с помощью двух небольших стоек. Так как при этом экран оказывается повернутым в сторону Солнца, то по другую сторону окулярного узла необходимо установить защитную ширму R .

Выявлению мелких деталей изображения Солнца на экране очень мешает посторонний свет. Поэтому целесообразно при таких наблюдениях набрасывать на себя и на экран кусок достаточно плотного темного материала. Еще лучше весь экран снабдить легким проволочным каркасом, обтянутым со всех сторон плотной черной материей. Однако при этом надо предусмотреть небольшое окошечко для наблюдений и «рукав» с резинкой по краям для руки с карандашом. Такое сооружение, состоящее из обычного солнечного экрана и натянутого

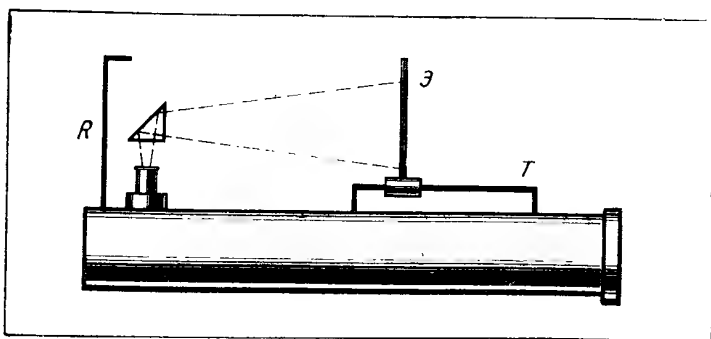


Рис. 74. Удобный способ крепления солнечного экрана к рефлектору Ньютона.

вокруг него на проволочном каркасе защитного матерчатого чехла, можно назвать солнечной камерой. Ее применение очень эффективно: изображение Солнца на белом листе бумаги, прикрепленном к экрану, получается очень ярким и четким. Отсутствие рассеянного света позволяет увидеть на нем большое количество очень мелких деталей, в том числе отдельные мелкие пятна, поры, полутени, окружающие крупные пятна, и факелы вблизи лимба.

Можно пойти еще дальше и сделать матерчатую разборную солнечную камеру на деревянном каркасе (из легких реек) таких размеров, чтобы внутри ее вместе с экраном мог поместиться сам наблюдатель. В ее стенке, обращенной к телескопу, должны быть сделаны два матерчатых рукава, затягиваемые резинками, один — для окулярной трубки и штанги с экраном, другой — для доступа к органам управления телескопом.

Можно, наконец, превратить в своеобразную солнечную камеру весь павильон, где установлен телескоп с присоединенным к нему солнечным экраном. Для этого нужно раскрыть крышу павильона настолько, чтобы она не мешала наведению телескопа на Солнце, а образовавшуюся при этом щель тщательно закрыть светонепроницаемой шторой, предусмотрев в ней отверстие для телескопа.

§ 24. Короткофокусный астрограф с объективом фабричного изготовления

Очень полезным дополнением к телескопу, монтированному на хорошей параллактической установке, является короткофокусный астрограф, предназначенный для мелкомасштабных съемок звездного неба. Астрограф укрепляют на трубе телескопа так, чтобы оптические оси обоих приборов были параллельны. Поскольку поле зрения короткофокусного астрографа весьма велико, его нельзя располагать слишком близко от трубы телескопа, ибо в противном случае передний конец трубы будет частично загораживать собой фотографируемую область неба.

Устройство астрографа (рис. 75) очень просто. Перед отверстием передней стенки камеры с помощью трех регулировочных болтов закреплена оправа с объективом. Противоположная часть камеры снабжена салазками с пазами, куда перед съемкой вставляют кассету с пластинкой или пленкой.

Камера может иметь квадратное или круглое сечение, размеры которого должны превосходить размеры используемых фотопластинок. Длина камеры должна быть приблизительно равна фокусному расстоянию объектива. Это позволит перед съемкой небольшими перемещениями объектива в оправе точно совместить его фокальную плоскость с эмульсионным слоем пластинки и осуществить таким образом точную фокусировку. Камера может быть сделана из дерева, фанеры или металла и изнутри зачернена. Важно только, чтобы она была достаточно жесткой и совершенно светонепроницаемой.

Из фотографических объективов отечественного производства для самодельного астрографа наиболее пригодны «Индустар-17» (диаметр объектива 100 мм, фо-

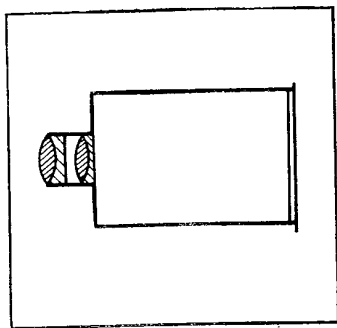


Рис. 75. Короткофокусный астрограф для съемок на пластинки.

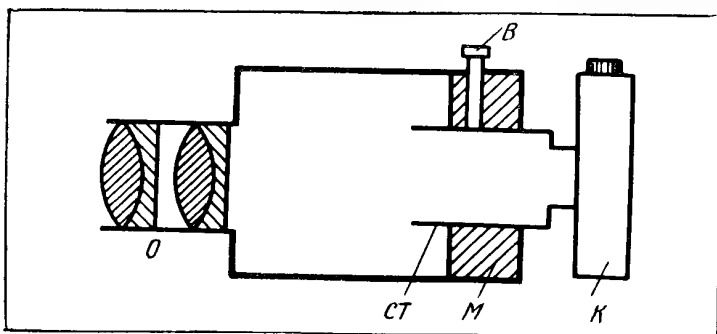


Рис. 76. Короткофокусный астрограф для съемок на катушечную пленку.

кусное расстояние 500 мм) и «Индустар-13» (диаметр объектива 65 мм, фокусное расстояние 300 мм). С объективом «Индустар-17» при выдержке в 1 ч на высокочувствительной эмульсии получают звезды до 14-й звездной величины, а с объективом «Индустар-13» при тех же условиях — до 13-й звездной величины.

Если при работе с короткофокусным астрографом в основном преследуются лишь учебные цели, то целесообразно вместо фотопластинок с высокочувствительной эмульсией использовать широкую катушечную пленку с размером кадров 6×6 см и 6×9 см. Такая пленка предназначена для пленочных фотоаппаратов «Любитель» и «Москва».

В этом случае размеры камеры астрографа можно несколько уменьшить (в качестве камеры можно использовать надлежащих размеров отрезок тонкостенной металлической трубы). Салазки с пазами для кассеты при этом можно заменить толстым металлическим кольцом М, в которое могла бы вставляться короткая и достаточно широкая соединительная трубка СТ, скрепленная своим наружным (резьбовым) кольцом с корпусом фотоаппарата К. Фиксация этой трубки осуществляется специальным зажимным болтом В (рис. 76).

Для учебных целей при работе с короткофокусным астрографом можно применять и 24-миллиметровую катушечную пленку высокой чувствительности с последующим увеличением позитивных изображений на фотоуве-

личителе. Однако мелкомасштабная съемка на пленку, размеры кадров которой весьма невелики (24×36 мм), вряд ли может быть признана целесообразной.

§ 25. Ступенчатый клиновой фотометр для визуального фотометрирования Луны и планет

Одной из важнейших задач визуальных телескопических наблюдений Луны и планет является определение интенсивности различных деталей, наблюдаемых на их дисках.

В простейшем случае такие определения можно делать без фотометра, производя глазомерные оценки интенсивности деталей в некоторой условной шкале. Чаще всего с этой целью используется условная семибалльная шкала, в которой баллом «0» оценивается интенсивность наиболее светлых участков диска, а баллом «6» — интенсивность тени от лунных гор или тени от спутника на поверхности планеты.

Однако результаты такого фотометрирования без фотометра, как правило, обременены значительными субъективными ошибками. Основной причиной их появления является недостаточно полное определение самой условной шкалы интенсивностей, в которой все промежуточные ступени должны мысленно создаваться наблюдателем при каждом отдельном наблюдении. Кроме того, последняя, седьмая ступень шкалы также часто остается без определения, ибо далеко не всегда на диске планеты видна тень ее спутника. Все это затрудняет фотометрические наблюдения и делает их результаты не вполне надежными.

Автором был изготовлен весьма простой ступенчатый клиновой фотометр, позволяющий более уверенно фотометрировать поверхности Луны и планет в той же самой условной семибалльной шкале, которой пользуются при глазомерных фотометрических оценках без фотометра. Серия специально поставленных на 240-мм телескопе наблюдений Юпитера и Сатурна, в которых обычные глазомерные оценки интенсивностей дублировались оценками, сделанными с помощью этого фотометра, показала достаточную надежность его в работе.

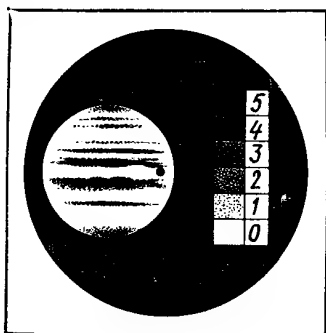


Рис. 77. Вид планеты и клина в поле зрения телескопа.

Идея устройства и действия прибора очень проста. При визуальных телескопических наблюдениях занят всегда только один глаз наблюдателя. Нетрудно натренироваться в том, чтобы второй глаз при этом не закрывался. И тогда, если перед ним на достаточном расстоянии поместить ступенчатый фотометрический клин, равномерно освещенный с тыльной стороны, то по принципу бинокля зрительные восприятия от обоих глаз

просуммируются. В поле зрения телескопа рядом с наблюдаемой планетой будет виден и освещенный ступенчатый клин (рис. 77). Если изготовить специальный клин с семью ступенями падения прозрачности и осуществить надлежащую его подсветку, то тем самым будет получена семибалльная шкала интенсивностей. Все ступени в ней будут определены совершенно надежно, и ею будет очень удобно пользоваться (седьмой ступенью будет непрозрачный край рамки, в которой закрепляется фотометрический клин).

Принципиальная схема устройства фотометра, предназначенного для присоединения к небольшому рефрактору, показана на рисунке 78, а. В корпусе фотометра, представляющем собой небольшой деревянный продолговатый ящик размером $300 \times 80 \times 50$ мм, с одного конца располагаются осветительное устройство (лампа L на 6—12 В и рефлектор), матовое стекло B , сменный светофильтр C и рамка со ступенчатым фотометрическим клином K , а с другого конца — окулярная трубка O .

Матовое стекло, светофильтры и рамка с клином закрепляются в корпусе фотометра с помощью специальных пазов.

Фотометрический клин изготовляют из тонкой белой бумаги в виде ступенчатой стопки бумажных полосок разной длины, аккуратно склеенных своими продольными кромками. Весь клин состоит из шести ступенек, каждая шириной 6—7 мм. Число бумажных полосок, составляю-

щих последовательные ступеньки, возрастает в геометрической прогрессии от одной (для первой ступеньки) до 16—20 (для шестой ступеньки). Готовый фотометрический клин наклеивают на кромки фанерной рамки (рис. 78, б); на эту же рамку рядом с клином наклеивают оцифрованную бумажную полоску, на которой проставлены баллы (от 0 — против первой ступеньки клина — до 5 — против последней его ступеньки). Изнутри фотометр должен быть зачернен, а снаружи покрашен для предохранения от ночной сырости.

Питание лампы осуществляется от городской сети через понижающий трансформатор или от аккумуляторной батареи. Для создания стабильной освещенности клина в эту цепь нужно подключить небольшой реостат и амперметр.

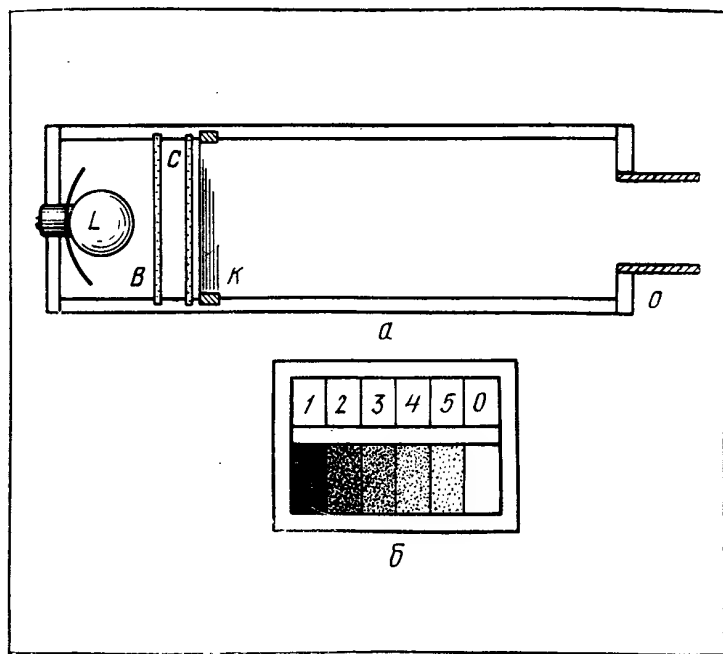


Рис. 78. Схема устройства фотометра, предназначенного для работы с небольшим рефрактором,

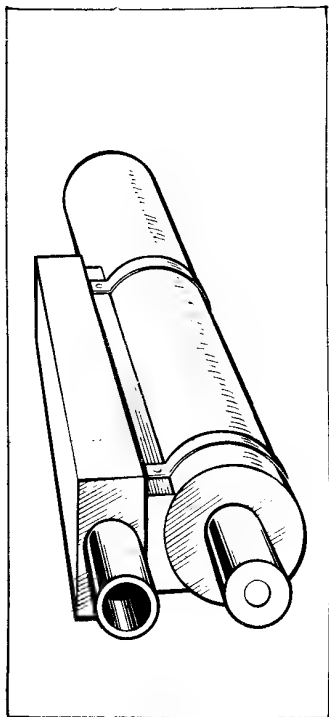


Рис. 79. Простейший способ крепления фотометра к небольшому рефрактору.

Простейший способ крепления фотометра к небольшому рефрактору показан на рисунке 79. Возможны и другие способы крепления фотометра к телескопу, важно только, чтобы расстояние между окуляром телескопа и окулярной трубкой фотометра было равно расстоянию между левым и правым глазом наблюдателя.

Если фотометр предназначен для наблюдений с более крупным телескопом или, в частности, с самодельным рефлектором Ньютона, то его надо закреплять у окулярной части перпендикулярно трубе телескопа. В этом случае устройство окулярной части фотометра нужно несколько видоизменить (рис. 80), поместив там призму полного внутреннего отражения P (или плоское зеркальце), с помощью которой изображение фотометрического клина K будет отбрасываться в окулярную трубку, расположенную на

боковой стенке корпуса фотометра, под прямым углом к его продольной оси.

Перед началом наблюдений с фотометром, пользуясь реостатом, надо так отрегулировать освещенность клина, чтобы интенсивность его первой ступеньки (0 баллов) сравнялась с интенсивностью самых светлых участков планетного диска (или диска Луны). Приставив один глаз к окуляру телескопа, а другой — к окуляру фотометра, наблюдатель увидит одновременно и светящийся фотометрический клин с оцифровкой и наблюдаемое светило (рис. 77). Поэтому ему нетрудно будет оценить интенсивность наблюдаемых деталей с точностью до долей бал-

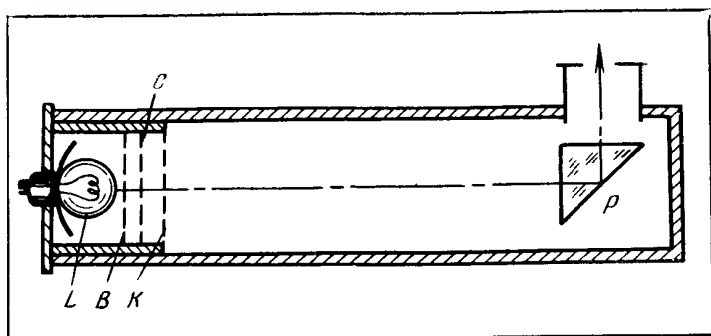


Рис. 80. Схема устройства фотометра, предназначенного для присоединения к рефлектору Ньютона.

ла. Для уменьшения возможных ошибок, вызванных неодинаковой восприимчивостью левого и правого глаза, можно каждую фотометрическую оценку производить дважды, при левостороннем и правостороннем расположении окуляра фотометра относительно окуляра телескопа, а за окончательный результат принимать среднее арифметическое из обоих определений.

Несмотря на большую простоту устройства, этот фотометр может оказаться весьма полезным прибором в учебных астрофизических наблюдениях Луны и больших планет. При тщательно разработанной методике наблюдений и достаточной тренированности наблюдателя полученные результаты могут иметь и научную ценность.

§ 26. Универсальный визуально-поляризационный фотометр

Этот фотометр предназначен для фотометрирования как точечных, так и протяженных объектов. Общий вид фотометра, присоединенного к 240-мм рефлектору, показан на вклейке 5.

Его конструкция в принципе такая же, как и обычного звездного визуально-поляризационного фотометра, употребляемого при визуальных наблюдениях переменных звезд. Однако специальное устройство осветительной части позволяет легко заменять искусственную звезду на

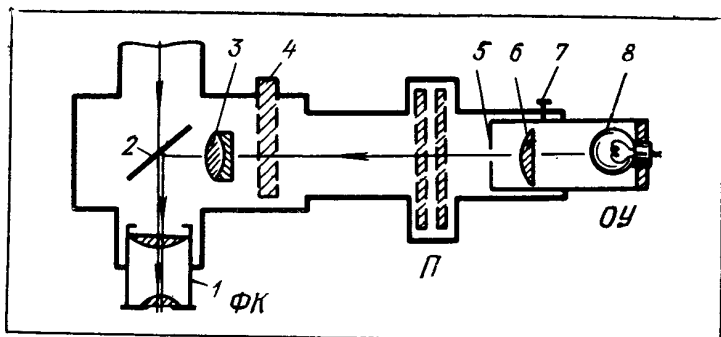


Рис. 81. Схема устройства и действия визуального поляризационного фотометра.

миниатюрный диапозитив с изображением ступенчатого фотометрического клина, оцифрованного в баллах семи-балльной шкалы интенсивностей.

Принципиальная схема устройства и действия фотометра приведена на рисунке 81. Фотометр состоит из фотометрической коробки *ФК*, оправы с поляроидами *П* и осветительного устройства *ОУ*. Все части фотометра и соединительные трубки сделаны из металла (дюралюминий, нержавеющая сталь, латунь). Основной частью прибора является фотометрическая коробка, в которой находятся диагональное плоское стекло 2, предметная ахроматическая линза от объектива микроскопа 3, окуляр 1 и узкая щель с держателем для светофильтра 4. С помощью специальной соединительной трубки, расположенной против окуляра, фотометрическую коробку, а с ней и весь фотометр присоединяют к телескопу.

С помощью другой соединительной трубки к фотометрической коробке прикрепляется цилиндрическая оправка с поляроидами. А к этой оправке через третью соединительную трубку присоединяется осветительное устройство, состоящее из толстостенной диафрагмы 5, конденсорной линзы 6 и электролампы 8 на 6В. Положение трубки, в которой монтированы все части осветителя, фиксируется зажимным болтом 7.

П-образный остов фотометрической коробки (рис. 82) изготовлен из цельного дюралевого бруска размером $80 \times 60 \times 30$ мм. Его параллельные «щеки» толщиной 5 мм

каждая содержат по круглому отверстию с резьбой для соединительной и окулярной трубок. В целях стандартизации оборудования размеры этих отверстий и резьбы на них выбраны такими же, как резьбовое отверстие корпуса фотоаппарата «Зенит» под оправу объектива «Индустр-50». Это позволяет обходиться одними и теми же соединительными трубками для крепления к телескопу различных вспомогательных приборов и принадлежностей. Кроме резьбовых отверстий, в каждой «щеке» имеется по одной прямоугольной щели под светофильтры

Средняя часть остова коробки имеет также круглое отверстие, в которое запрессована короткая трубка, соединяющая фотометрическую коробку с обоймой под поляриды. Сзади и сбоку остова фотометрической коробки снабжен резьбовыми отверстиями под болты МЗ; с помощью этих болтов на нем закрепляются три дюралевые пластины, составляющие вместе со щеками и соединяющей их перемычкой саму фотометрическую коробку. Боковые пластины имеют по отверстию под болт М6.

Эти отверстия находятся друг против друга и служат для прикрепления латунной рамки размером 59×22 мм. Центральное квадратное отверстие рамки закрыто стеклянной плоскопараллельной пластиной (в качестве ее использовалось покровное стекло от микроскопа). Устройство рамки и способ ее крепления к фотометрической коробке показан на рисунке 83. Рамку изготавливают из 2-мм латунной пластины. В центральной части ее вырезают квадратное отверстие размером 15×15 мм, на которое (по кромкам) наклеивают покровное стекло (наклейка стекла требует большой аккуратности: очень важно, чтобы наклеенное на рамку стекло имело хорошую оптически плоскую поверхность). Рамка прикрепляется к фотометрической коробке двумя болтами М6, пропущенными своими концами в упоминавшиеся уже выше отверстия боковых пластин, которыми фотометрическая

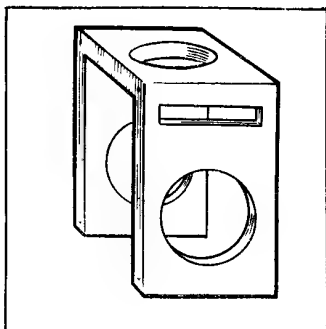


Рис. 82. П-образный остова фотометрической коробки.

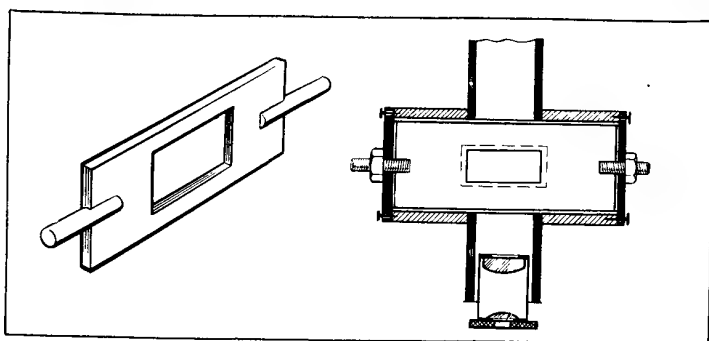


Рис. 83. Рамка с плоским стеклом и ее крепление в фотометрической коробке.

коробка закрывается с боков. Окончательная фиксация рамки (под углом в 45° к продольной оси фотометра) достигается зажимными гайками, находящимися снаружи. Болты прикрепляются к рамке с помощью продольных щелей и запаиваются (предварительно их головки опиляют).

Оправа под поляриды (рис. 84) состоит из двух невысоких дюралевых цилиндрических чаш с наружным диаметром около 100 мм и с центральными резьбовыми отверстиями под соединительные трубки. Эти чаши соединены друг с другом с помощью длинных болтов 1 М4. На наружной стороне одной из них закреплена шкала с делениями для указателя 2, соединенного с подвижным поляроидом 3, который с легким трением может вращаться внутри одной из чаш. Торцевая часть этой чаши имеет неглубокую выемку для указателя. Другой поляроид с помощью болтов 4 закреплен неподвижно внутри второй чаши.

При регулировке положения поляроидов необходимо учитывать частичную поляризацию света при отражении от плоскопараллельной стеклянной пластинки. Поэтому регулировку нужно производить в окончательно собранном фотометре при его проверке по искусственной звезде. Тогда же производится окончательная выверка положения ахроматического объектива 3 (рис. 81), закрепляемого внутри фотометрической коробки на продольной оптической оси фотометра в непосредственной близости от

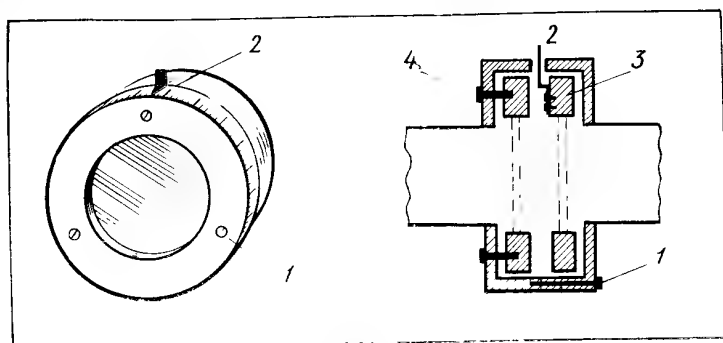


Рис. 84. Устройство оправы с поляроидами.

рамки с плоскопараллельной стеклянной пластиной. Очень важно добиться такого положения объектива, чтобы создаваемое им изображение искусственной звезды или диапозитива с фотометрическим ступенчатым клином находилось (после отражения от плоского стекла) в фокальной плоскости объектива телескопа, вблизи его главной оптической оси.

Точная фокусировка этого изображения осуществляется перемещением трубки с осветительным устройством. Эта трубка с внутреннего конца закрыта впрессованной в нее толстостенной металлической диафрагмой (рис. 85), имеющей центральное отверстие диаметром 12 мм и два небольших резьбовых отверстия под болты М3.

С помощью этих болтов к диафрагме присоединяется один из двух сменных дисков, сделанных из латунной пластины. Диск 1 имеет в центре очень маленькое круглое отверстие и служит для образования точечного источника света (искусственной звезды сравнения). Другой диск 2 имеет в центре квадратное отверстие размером 6×6 мм, закрытое пленочным диапозитивом с изображением ступенчатого фотометрического клина, снабженного оцифровкой. Этот диск предназначен для фотометрирования протяженных объектов (например, поверхностей планет), тогда как первый диск (с искусственной звездой) — для фотометрирования звезд.

Вообще говоря, вместо пленочного диапозитива с изображением ступенчатого клина можно было бы изгото-

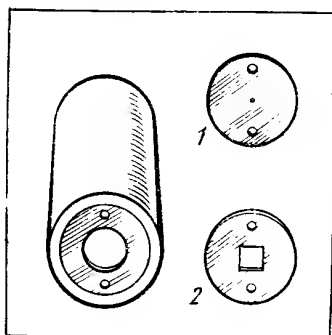


Рис. 85. Внутренний конец трубки осветительного устройства и сменные диски с диафрагмами.

готовить миниатюрный клин из 6 ступенек (с шириной каждой ступеньки в 1 мм) из полосок тонкой белой бумаги (так же, как это было описано в предыдущем параграфе) и закрепить его аккуратно между диафрагмой и диском. Но изготовить такой чрезвычайно маленький клин весьма трудно. Поэтому лучше всего сделать аналогичный бумажный клин значительно больших размеров и, равномерно осветив его с тыльной стороны (вместе с оцифровкой), сфотографировать на обыч-

ную (лучше всего мелкозернистую) пленку. Для диапозитива можно использовать негативное изображение клина или же (что лучше) позитивное, перепечатав контактным способом негативное изображение на другую пленку.

Затем кусочек пленки с изображением фотометрического клина надо поместить между двумя тонкими плоскопараллельными стеклами (например, между покровными стеклами от микроскопа) и оклеить по кромкам полосками бумаги. Готовый диапозитив с клином или закрепляют (клеем) на диске с квадратным отверстием или просто осторожно зажимают между этим диском и диафрагмой. Полезно еще между диапозитивом и диафрагмой положить (вместо матового стекла) полоску тонкой белой бумаги.

Оптическая схема фотометра должна быть рассчитана так, чтобы даже при употреблении сильного окуляра (с фокусным расстоянием 10 мм и меньше) изображение светящегося клина занимало не более 10—15% площади поля зрения. Это достигается значительным удалением диапозитива с клином от фотометрической коробки (до 20—25 см) и подбором ахроматической линзы (объектива) с достаточно малым фокусным расстоянием (до 35—40 мм). В фокальной плоскости объектива телескопа мы должны получить изображение клина, уменьшенное, в

сравнении с его натуральными размерами, в 5—6 раз (окуляр телескопа увеличит это изображение в 25 раз и больше).

Питание лампы фотометра осуществляется либо от аккумуляторной батареи, либо от городской электросети через понижающий трансформатор. Для контроля нужно ввести в цепь небольшой амперметр. Очень полезно использовать (при питании током от городской сети) стабилизатор напряжения.

Работа фотометра с искусственной звездой не нуждается в особом пояснении. При употреблении диапозитива с изображением клина весь прибор превращается в интегральный фотометр, с которым очень удобно производить фотометрирование лунной поверхности и в особенности поверхностей больших планет. Перед началом таких наблюдений с помощью подвижного поляроида достигается выравнивание интенсивности самой светлой ступени клина с интенсивностью экваториальной (тоже самой светлой) зоны диска планеты.

Оценка интенсивностей различных деталей, видимых на диске планеты, производится затем методом сравнения с надлежащей ступенью и при некотором опыте довольно уверенно делается с точностью до десятой доли балла семибальной условной шкалы (седьмая ступень — интенсивность черной кромки клина).

При необходимости (например, при фотометрировании красного пятна на Юпитере) можно использовать светофильтры, вставляя их в специальную щель фотометрической коробки.

В сравнении с фотометром, описанным в предыдущем параграфе, универсальный визуально-поляризационный фотометр является значительно более совершенным прибором. В соединении с достаточно сильным телескопом он позволит проводить много ценных в научном отношении наблюдений как по звездной астрономии, так и по физике планет.

При наличии кубика Луммера — Бродхуна, который помещается вместо диагональной стеклянной пластинки, надобность в диапозитиве с изображением фотометрического клина отпадает, и прибор превращается в обычный интегральный поляризационный фотометр, употребляемый при визуальной фотометрии Луны и поверхностей планет.

§ 27. Электрoфoтoметр с двухламповым усилителем

Еще более совершенным фотометрическим прибором (на уровне современной астрофизической техники) является электрофотометр, который при наличии соответствующего оборудования нетрудно сделать своими силами.

Электрофотометр, сконструированный автором, работает на базе фотоэлемента УВ-4 и двухлампового усилителя постоянного тока (УПТ), собранного по схеме аналогичного усилителя для оптического пирометра. В соединении с 240-мм рефлектором он позволяет уверенно фотометрировать звезды до 3-й звездной величины, а также проводить интегральную фотометрию планет и детальную фотометрию отдельных участков лунной поверхности (см. вклейку 8). При использовании окулярного увеличения (эквивалентный фокус 1:120) и замене короткой соединительной трубки на более длинную этот же фотометр с успехом может быть применен и для детального фотометрирования поверхностей ярких больших планет (например, Юпитера) (см. вклейку 6). При этом фотометрические оценки оказываются вполне надежными, если только фотометрируемый участок составляет по площади не менее 8—10% от площади всего диска планеты.

Весь прибор состоит из электрофотометра и отдельно расположенного (на специальном столике) усилителя.

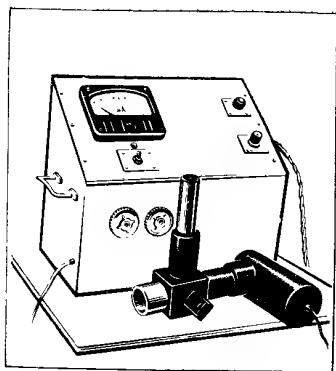


Рис. 86. Усилитель к электрофотометру.

Усилитель смонтирован в специальном деревянном футляре, который для защиты от магнитных полей, создаваемых электропроводами, со всех сторон обит тонкими железными листами и покрашен (рис. 86). Панель усилителя оборудована микроамперметром, индикаторной лампой, ручками управления, соединенными с дросселями, и переключателем.

Приведем спецификацию основных деталей и узлов электрической схемы усилителя УПТ на рисунке 87.

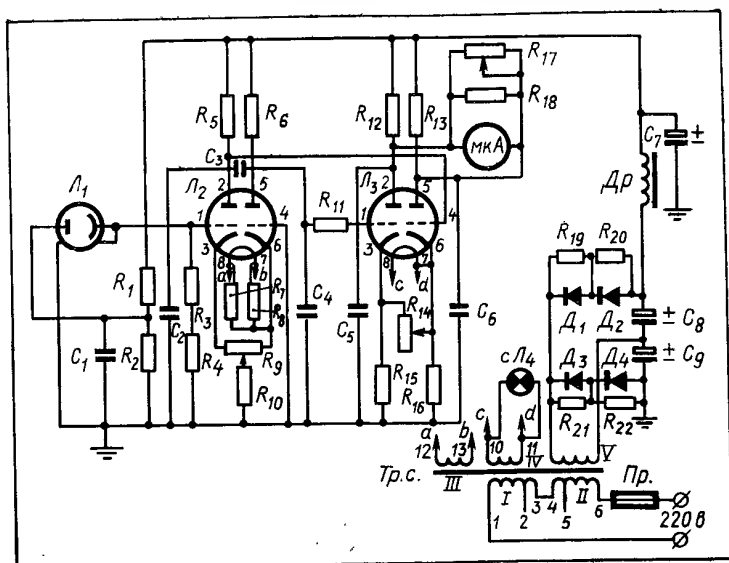


Рис. 87. Электрическая схема усилителя.

- L_1 — фотоэлемент УВ-4
 L_2 — электронная лампа 6Н9С
 L_3 — » » 6Н8С
 $СЛ_4$ — сигнальная (индикаторная) лампа на 6,3 В.
 $Трс$ — трансформатор силовой ИПЧ 704009 (к телевизорам «Рекорд-12», «Воронеж»)
 $Др$ — дроссель
 $Пр$ — предохранитель на 2 А
 $мкА$ — микроамперметр М-24
 $Д_1—Д_4$ — диоды Д16028 (Д7Ж, Д226)
 C_1 — конденсатор КБГ—МИ; 0,5 мкФ 20 В
 $C_2—C_4$ — » КБГ—И; 0,025 мкФ 400 В
 $C_5—C_6$ — » КБГ—И; 0,1 мкФ 400 В
 $C_7—C_9$ — » КЭ; 10,9 мкФ 400 В
 R_1 — сопротивление МЛТ; 0,25 Вт; 1,5 МОм
 R_2 — » МЛТ » 300 кОм
 R_3 — » » 1,5 МОм
 R_4 — » » 10 МОм
 $R_5—R_6$ — » 1 Вт; 0,43 МОм
 $R_7—R_8$ — » 0,25 Вт; 30 кОм
 R_9 — переменное сопротивление ППВ-12; 2 Вт; 500 Ом
 R_{10} — сопротивление МЛТ; 1 Вт; 2 кОм
 R_{11} — » » 0,25 Вт; 30 кОм
 $R_{12}—R_{13}$ — » » 2 Вт; 20 кОм
 R_{14} — переменное сопротивление ППВ-12; 2 кОм

$R_{15}-R_{16}$ — сопротивление МЛТ;	2 Вт;	30 кОм
R_{17} — переменное сопротивление ППВ-12;		100 Ом
R_{18} — сопротивление МЛТ;	2 Вт;	50 Ом
$R_{19}-R_{20}$ — сопротивление МЛТ;	0,25 Вт;	200 кОм

(Эта схема была собрана в электрической лаборатории под руководством инженера-электрика А. И. Берсенева.)

Для обеспечения стабильных показаний миллиамперметра усилитель заземлен. Он присоединяется к электрофотометру с помощью экранированного гибкого провода. Фотозаэлемент помещен внутри металлического цилиндра (футляра), снабженного отверстием для пропуска светового пучка и патрубком под соединительную трубку.

Принципиальная схема устройства и действия электрофотометра приведена на рисунке 88. В дюралевом корпусе 1 находится подвижная рамка, к которой на мелких болтиках присоединено металлическое зеркало с тремя

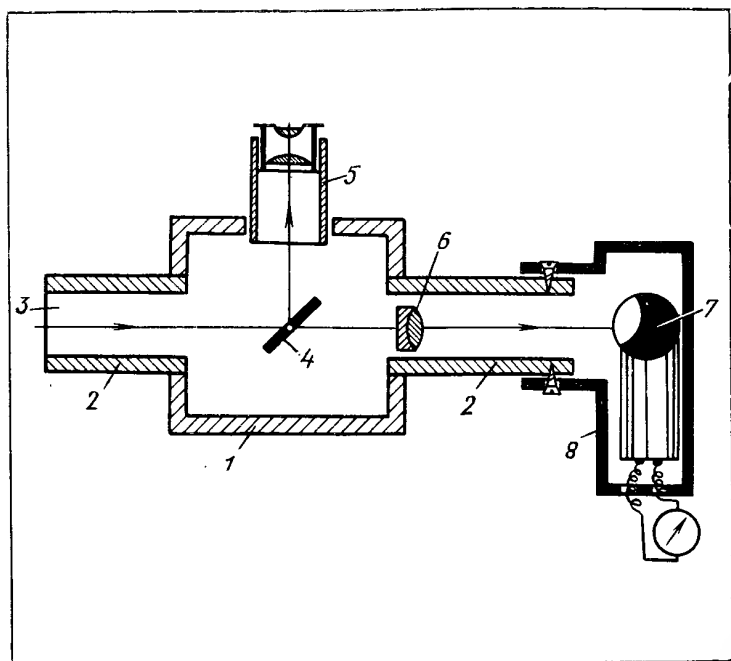


Рис. 88. Схема устройства и действия электрофотометра.

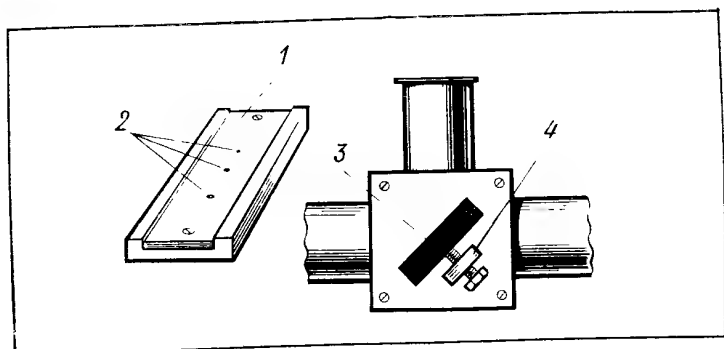


Рис. 89. Рамка для зеркальца с диафрагмами и ее крепление в корпусе фотометра.

диафрагмами 4. В стенках корпуса имеются три резьбовых отверстия для двух соединительных трубок 2 и окулярной трубки с окуляром 5. Короткая соединительная трубка служит для присоединения прибора к телескопу 3, а длинная соединяет корпус 1 с футляром 8, в котором находится фотоэлемент 7.

Узкий пучок световых лучей, пройдя через отверстие диафрагмы 4, попадает на собирающую (ахроматическую) линзу Фабри 6 и от нее — на фотоэлемент. Фокусное расстояние и положение линзы Фабри подбирают так, чтобы вышедший из нее пучок световых лучей захватил собой всю светочувствительную часть фотоэлемента.

Металлическая рамка (рис. 89) для плоского зеркальца 1 с тремя диафрагмами 2 в 0,3 мм, 0,9 мм и 2,7 мм диаметром может скользить в щелях 3, сделанных в боковых стенках корпуса под углом 45° к продольной оси фотометра. Ее фиксация осуществляется с помощью зажимных болтов 4, расположенных снаружи корпуса фотометра. Через окуляр контролируется положение изображения фотометрируемого светила.

Чувствительность электрофотометра значительно повысится, если в нем заменить фотоэлемент на фотоумножитель. Электрофотометр с фотоумножителем в соединении с 200—250-мм телескопом позволит уверенно фотометрировать звезды до 7-й звездной величины и явится, таким образом, очень ценным астрофизическим прибором с весьма широкой областью применения.

§ 28. Трубочатый фотометр для калибровки плёночных негативов

Луну и планеты очень удобно фотографировать на катушечную пленку с помощью подсоединенного к окулярной части телескопа корпуса малоформатного зеркального фотоаппарата (например, «Зенит»).

Для последующей фотометрической обработки полученных снимков отснятая пленка (до ее проявления) должна быть предварительно прокалибрована. Однако ввиду малых размеров пленки калибровать ее с помощью трубчатого фотометра контактным способом, который обычно применяется для калибровки стеклянных негативов, крайне неудобно.

Описываемый здесь трубчатый фотометр предназначен специально для калибровки плёночных негативов и очень прост в изготовлении. Прибор представляет собой небольшую деревянную трубку с прямоугольным сечением 130×70 мм и длиной 599 мм (рис. 90). С одной стороны в нее плотно входит фотометрическая коробка, а с другой стороны она закрыта крышкой с центральным круглым отверстием под объектив узкоплёночного фотоаппарата.

Фотометрическая коробка (рис. 91) длиной около 100 мм сделана из фанеры толщиной 5 мм и продольными перегородками разделена на семь своеобразных трубок с прямоугольным сечением.

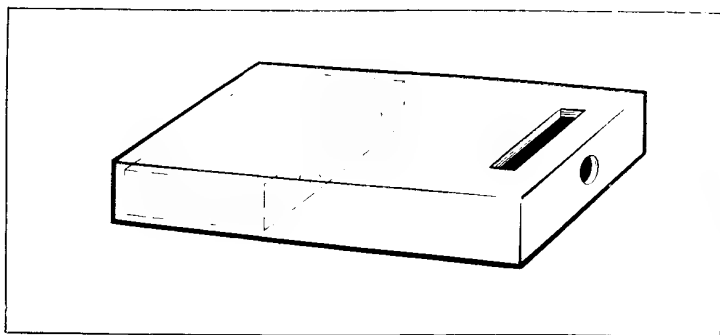


Рис. 90. Трубочатый фотометр.

Внутри каждая трубка зачернена и снабжена круглой диафрагмой диаметром 10 мм. С внутренней стороны фотометрическая коробка закрыта полоской тонкой белой бумаги с наложенной на нее металлической пластинкой, в которой сделано семь одинаковых круглых отверстий диаметром 15 мм. Каждое отверстие должно приходиться против середины соответствующей трубки. С наружной стороны фотометрическая коробка закрыта второй металлической пластиной с семью отверстиями, диаметры которых последовательно возрастают в геометрической прогрессии (например: 1; 1,4; 2,0; 2,8; 4,0; 5,7 и 8 мм).

Готовый прибор снаружи окрашивают, а в его корпусе перед отверстием делают небольшую щель для сменных светофильтров (рис. 92).

Калибровка пленочных негативов с помощью трубчатого фотометра производится следующим образом. Отсняв на телескопе с помощью узкопленочного зеркального фотоаппарата около 30 кадров (и оставив, таким образом, приблизительно 5—6 неизрасходованных кадров), вставляем объектив фотоаппарата в предназначенное для него отверстие (рис. 92). Равномерно засветив фотометр с наружной стороны (направив, например, его дном на чистый снег или на покрытое облаками небо), производим съемку светящихся круглых отверстий, которыми заканчивается изнутри фотометрическая коробка прибора, на оставшиеся неизрасходованными кадры пленки.

При этом необходимо применять те же выдержки и те же светофильтры, что и при съемке светил в телескоп,

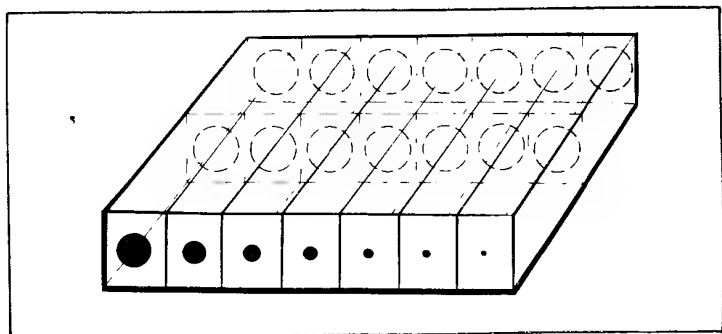


Рис. 91. Фотометрическая коробка.

а обстоятельства каждой съемки (как и предшествующей съемки светил в телескоп) регистрировать в специальном журнале. При необходимости объектив фотоаппарата предварительно снабжают насадочной линзой или репродукционными кольцами.

Полностью отснятую пленку обрабатывают обычным способом. При печатании позитивных изображений кадры с калибровочными фотометрическими кружками, отрезанные от основной пленки, приставляют к соответствующим кадрам со снимками светил так, чтобы на позитивном снимке впечатались рядом друг с другом изображения калибровочных фотометрических кружков и светила.

В качестве примера на вклейке 3 приведен такой составной снимок Луны и фотометрической шкалы. Первому, самому яркому кружку этой шкалы соответствует 0 баллов, а последнему, седьмому, слившемуся с окружающим фоном (и потому почти не видимому), — 6 баллов.

Само фотометрирование заключается в том, что из ряда кружков фотометрической шкалы подбирают тот кружок, густота почернения которого такая же, как и у фотометрируемого участка лунной поверхности. Последнему и приписывают интенсивность в то число баллов, которые соответствуют выбранному кружку. Так как густота почернения калибровочных кружков меняется скачками, то возможны и оценки, выраженные дробным числом баллов. Результаты фотометрирования могут быть сведены в таблицу. Например, фотометрирование отдельных участ-

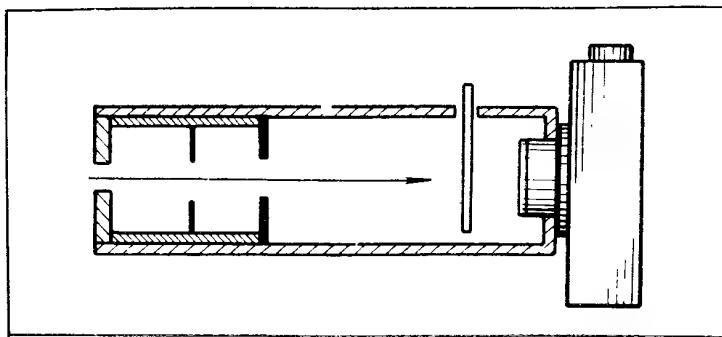


Рис 92 Схема действия трубчатого фотометра.

ков лунной поверхности по снимку Луны, изображенному на вклейке 4, приведет к следующей таблице:

№ п/п.	Название фотометрируемого участка	Интенсивность в баллах условной шкалы
1	Кратер Аристарх	0
2	Северо-западная часть Залива Радуг	2
3	Внутренняя часть Кратера Платон	3
4	Юго-западная часть Болота Гнилого	4
5	Наиболее темные участки Центрального Залива	5,5
6	Тени у терминатора	6

В заключение заметим, что вместо дневного света для осуществления стандартной подсветки трубчатого фотометра можно использовать лампу накаливания, располагая ее от прибора на определенном расстоянии и поддерживая стабильное напряжение в цепи с помощью вольтметра и реостата (с этой целью можно применить и стабилизатор напряжения).

В описанном приборе фотометрическую коробку можно заменить бумажным семиступенчатым клином, изготовление которого было описано выше (§ 25). Для калибровки пленочных негативов этот клин освещают с наружной стороны и фотографируют через отверстие в противоположной части корпуса фотометра (который теперь уже правильнее будет называть не трубчатым, а ступенчатым клиновым) на оставшиеся незаснятыми кадры пленки.

Вместо калибровочных кружков на позитивном снимке рядом с изображением светила будет впечатано изображение этого клина.

§ 29. Двухпризменный спектроскоп

В принципиальном отношении этот прибор не является оригинальным и может применяться лишь в учебных целях для визуального наблюдения спектров ярких светил и их фотографирования на узкую пленку с помощью

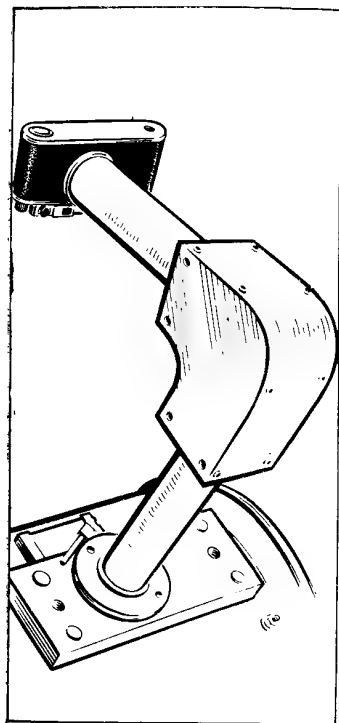


Рис. 93 Двухпризменный спектроскоп, присоединенный к 240-мм рефлектору.

корпуса зеркального фотоаппарата (например, «Зенит»).

На рисунке 93 показан общий вид спектроскопа, подготовленного к фотографированию спектров и присоединенного к 240-мм рефлектору. Принципиальная схема устройства и действия прибора показана на рисунке 94. В металлическом корпусе (из дюрала) закреплены две флинтвые призмы P_1 и P_2 . В передней соединительной трубке, выполняющей роль коллиматора, находится небольшая трубка со щелью L , расположенной в фокусе объектива $ОБ_1$. Параллельный пучок световых лучей, пройдя через призмы P_1 и P_2 , попадает на объектив $ОБ_2$ зрительной трубы $ЗТ$. Изображение спектра рассматривается в окуляр $ОК$. В качестве объективов $ОБ_1$ и $ОБ_2$ использованы ахроматические объективы из набора для призматического бинокля. Фиксация

всех трубок осуществляется специальными прижимными болтами B (использованы болты М4 и М5). Вместо окуляра на соединительную трубку, имеющую резьбовой конец, может навертываться корпус фотоаппарата «Зенит», и тогда весь прибор из спектроскопа превращается в спектрограф. Размеры щели коллиматора выбраны с таким расчетом, чтобы негативное изображение спектра на пленке могло достигать в ширину 3 мм. Дисперсия прибора равна приблизительно 20 Å/мм.

Для присоединения спектроскопа к телескопу используют длинную стандартную соединительную трубку, сво-

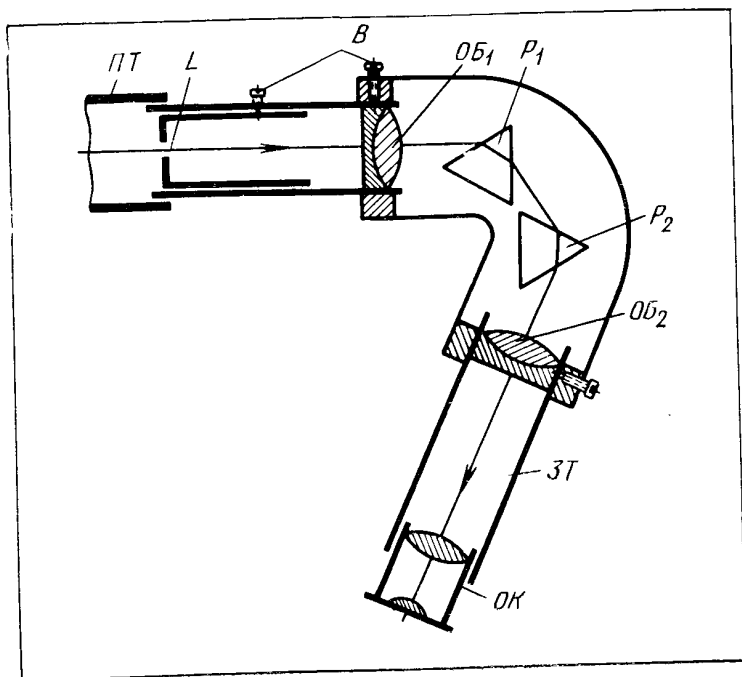


Рис. 94. Схема устройства и действия спектрографа.

бодный конец которой вставляют в гнездо окулярного устройства (взамен удаленной окулярной трубки) и фиксируют прижимным болтом.

§ 30. Дополнительное замечание

Заканчивая главу, посвященную изготовлению различных вспомогательных приборов и принадлежностей к телескопам, мы хотели бы обратить внимание преподавателей астрономии на желательность и реальную возможность создания такого чрезвычайно ценного астрофизического прибора, предназначенного для точного измерения густоты почернения (плотности) негативных изображений светил, каким является микрофотометр.

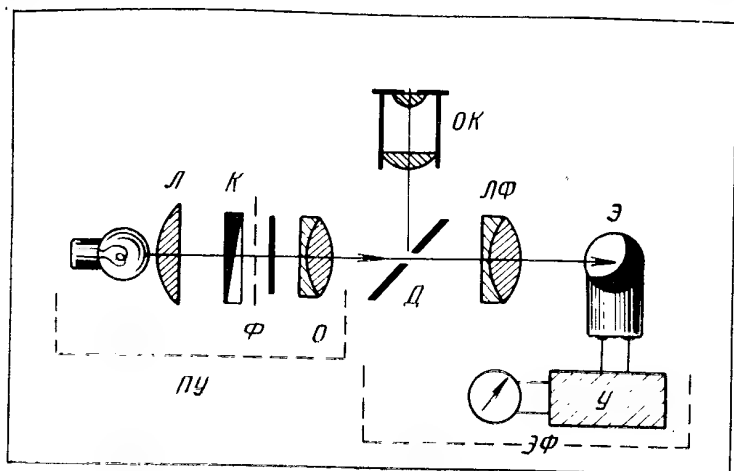


Рис. 95. Схема устройства и действия простейшего микрофотометра.

В конструктивном отношении этот прибор ненамного сложнее описанного выше (§ 27) электрофотометра и может быть получен простым присоединением к нему (вместо телескопа) специального устройства, которое можно назвать проекционным узлом. Рекомендуемая нами принципиальная схема устройства такого микрофотометра приведена на рисунке 95.

Прибор состоит из проекционного узла ПУ, электрофотометра ЭФ и усилителя У с миллиамперметром. Проекционный узел включает в себя осветитель (лампа и конденсорная линза Л), рамку со сменными светофильтрами Ф, нейтральный фотометрический клин К и ахроматический короткофокусный объектив О. Объектив создает действительное изображение исследуемого участка негатива напротив одной из диафрагм Д, которыми снабжено плоское зеркало, наклоненное к оси прибора под углом 45° . Узкий световой пучок, вышедший из отверстия диафрагмы, попадает на линзу Фабри ЛФ и от нее — на светочувствительный слой фотоэлемента Э. Чувствительность прибора значительно повышается при замене фотоэлемента на фотоумножитель.

Все узлы микрофотометра должны быть тщательно изолированы от магнитного поля Земли.

Глава IV

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

§ 31. Вводные замечания

По своему назначению учебные астрономические наблюдения можно условно подразделить на ознакомительные, или вводные, и тематические, или целевые.

Ознакомительные (вводные) наблюдения дают учащимся первоначальные (и весьма общие) представления о небесных телах. Чаще всего наблюдения носят демонстрационный характер и проводятся преподавателем сразу с большой группой учащихся. Объектами ознакомительных наблюдений являются Солнце, Луна, планеты, наиболее яркие звезды, главнейшие созвездия, некоторые двойные и кратные звезды, туманности, звездные скопления и другие характерные астрономические объекты. Некоторые ознакомительные наблюдения (знакомство с созвездиями и яркими звездами, с видимым суточным вращением небесной сферы и т. д.) проводятся невооруженным глазом, другие (лунный рельеф, солнечные пятна, планеты, двойные звезды и т. д.) предполагают использование биноклей и телескопов. Такие наблюдения, несмотря на их кратковременность и простоту, оставляют в сознании учащихся яркие впечатления и могут послужить началом серьезного увлечения астрономией.

Ознакомительные наблюдения целесообразно проводить в комплексной форме, распределив учащихся на две-три подгруппы. Так, например, одна подгруппа учащихся под руководством выделенного из их среды помощника учителя по очереди рассматривает в телескоп поверхность Луны, в то время как другая подгруппа под руководством преподавателя тренируется в нахождении на небе важнейших созвездий и наиболее ярких звезд. Спустя некоторое время эти подгруппы меняются ролями.

Если на небе в это время видна какая-нибудь планета, то одна из подгрупп переключается на ее наблюдение в телескоп; остальные учащиеся в это время, пользуясь вторым телескопом или биноклями, могут заняться ознакомлением с некоторыми двойными звездами, туманностями и другими объектами звездного неба.

Наиболее подходящим местом для проведения групповых ознакомительных наблюдений является астрономическая площадка, куда надо заблаговременно принести все необходимые приборы, или павильон с установленным в нем телескопом.

К каждому ознакомительному наблюдению надо серьезно готовиться, заранее продумывая все организационные вопросы, сообразуя тематику наблюдений с условиями видимости светил в данное время.

Более высокой ступенью учебных астрономических наблюдений являются тематические, или целевые, наблюдения, проводимые по специальному заданию и по определенной теме отдельными учащимися или небольшими группами учащихся.

В отличие от ознакомительных наблюдений, носящих чаще всего демонстрационный характер и не нуждающихся в повторении, тематические охватывают более или менее длительный промежуток времени, в течение которого постепенно накапливаются сведения как о самих наблюдаемых объектах, так и о претерпеваемых ими изменениях.

По своему содержанию это будут в основном либо астрометрические (угломерные), либо астрофизические наблюдения. Тематика их может быть весьма разнообразной.

Сюда войдут наблюдения кульминирующих светил, определение географических координат места наблюдения, изучение и зарисовка отдельных созвездий, систематические наблюдения Солнца, различных деталей лунной поверхности, пробные наблюдения некоторых хорошо изученных переменных звезд, поверхностей больших планет, метеорных потоков с определением их радиантов, искусственных спутников Земли и другие. Очень ценны также наблюдения редких небесных явлений (солнечные и лунные затмения, яркие кометы и др.). О времени наступления таких явлений нужно знать заранее и к их наблюдениям особенно тщательно готовиться.

В школе, а тем более в педагогическом институте, назначение учебных астрономических наблюдений должно состоять не только в непосредственном изучении различных небесных светил и явлений, но и в ознакомлении учащихся с такими важнейшими методами астрофизических исследований, как астрофотография, фотометрия, колориметрия и спектральный анализ. При постановке работ астрофизического содержания надо широко использовать имеющееся на обсерватории астрофизическое оборудование (фотоаппараты, фотоприставки, фотометры, светофильтры, спектрометры и т. д.).

Существующая программа и сетка часов по астрономии в школе (да и в педагогическом институте) позволяет поставить весьма ограниченное количество тематических учебных наблюдений. В связи с этим целесообразно многие такие «непрограммные» наблюдения поручать членам астрономического кружка и всем заинтересованным учащимся в виде дополнительных заданий. Кроме того, проведение некоторых тематических наблюдений, не требующих специальной аппаратуры, может быть задано учащимся в виде домашних заданий. От учащихся нужно требовать аккуратного и добросовестного выполнения порученных им наблюдений с обязательными записями и зарисовками в специальных тетрадях (или в журналах наблюдений).

Это очень важно в педагогическом отношении, и, кроме того, не исключено, что результаты некоторых таких наблюдений могут иметь определенную научную ценность.

Безусловно, учащиеся должны совершенно сознательно проводить порученные им наблюдения, предварительно хорошо уяснив все необходимые теоретические сведения и приобретя известный опыт в обращении с наблюдательной аппаратурой. Кроме того, им должна быть известна и методика выполнения таких наблюдений. Поэтому преподаватель астрономии, предлагая учащимся те или иные тематические наблюдения, должен не только сформулировать поставленную перед ними задачу, но и показать во всех деталях, как ее надо решать. В частности, совершенно необходимо указать учащимся, кроме обязательной, дополнительную литературу, провести необходимые консультации и научить обращению с приборами.

В заключение следует подчеркнуть, что любые астрономические наблюдения (в том числе и учебные) не должны быть самоцелью. Их обработка и осмысливание полученных результатов совершенно необходимы, ибо тем самым подводятся итог всей проделанной работе.

Расположение материала этой главы следует дидактическому принципу «от простого — к сложному»: вначале рассматриваются, как наиболее простые, ознакомительные наблюдения, а затем — тематические. Такое построение главы оправдано еще и тем, что преподаватель астрономии в школе, стесненный весьма узкой сеткой часов, отводимых на изучение астрономии, вынужден в основном ориентироваться только на ознакомительные наблюдения. Тематические же наблюдения будут проводиться главным образом на занятиях астрономического кружка.

Наконец, из методических соображений мы сочли целесообразным наблюдения, проводимые невооруженным глазом, рассматривать отдельно от наблюдений, выполняемых с помощью биноклей и телескопов.

§ 32. Ознакомительные наблюдения невооруженным глазом

1. Знакомство с основными созвездиями, видимыми на небе в данное время года.

Это наблюдение необходимо повторять несколько раз в течение всего года с интервалом в два-три месяца, так чтобы учащиеся могли ознакомиться с характерными созвездиями осеннего, зимнего, весеннего и летнего неба. Основными пособиями при таких наблюдениях являются звездные карты и звездные указки. Полезным прибором будет и описанная в первой главе рамка для наблюдения и зарисовки отдельных созвездий. Кроме того, для рассматривания звездных карт и различных записей и зарисовок потребуются осветительные приспособления (карманные фонарики, электролампы в защитных футлярах и т. д.).

Желательно, чтобы у каждого учащегося была небольшая карта звездного неба. При необходимости такие карты можно предварительно размножить с помощью фотопечати.

Знакомство со звездным небом удобнее всего начать с незаходящих созвездий околополярной области неба. Учащимся в последовательном порядке показывают созвездия Большой Медведицы и Малой Медведицы, Дракона, Гончих Псов, Цефея и Кассиопеи. Особое внимание обращают на общеизвестный способ нахождения Полярной звезды по крайним звездам ковша Большой Медведицы.

Затем учащимся показывают характерные созвездия, находящиеся в данное время вблизи зенита, в южной части неба, а также на западе и на востоке. Попутно указывают и способы их быстрого нахождения. Мелкие созвездия, состоящие из слабых звезд, можно на первых порах не показывать. Вполне достаточно, если учащиеся будут хорошо знать и быстро находить на небе два-три десятка наиболее заметных созвездий (которые обычно и указываются на подвижных картах звездного неба). Нужно сообщить учащимся и названия наиболее ярких звезд, видимых в наших широтах (Сириус, Капелла, Вега, Альтаир, Альдебаран, Арктур, Бетельгейзе, Кастор, Поллукс и др.). Особое внимание учащихся надо обратить на Млечный Путь и те созвездия, через которые он проходит. Необходимо также сообщить учащимся названия зодиакальных созвездий (Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы) и показать те из них, которые в данное время видны на небе. Если, кроме того, в одном из них будет видна какая-нибудь яркая планета, то и на нее надо также обратить внимание учащихся.

С помощью упоминавшейся выше рамки для зарисовки созвездий можно легко выделить на небе то или иное созвездие (например: Большую Медведицу, Орион, Телец с Плеядами и Гиадами) и предложить учащимся зарисовать его в своих тетрадах.

Знакомя учащихся с созвездиями, надо попутно указывать и на характерные принадлежащие им объекты: двойные и кратные звезды, туманности, звездные скопления и т. д.— и показать им в телескоп или бинокль (закрепленный на штативе) некоторые из этих объектов.

В завершение этого полезно предложить каждому учащемуся самостоятельно, пользуясь звездной картой, отыскать на небе все те созвездия и яркие звезды, с которыми он только что ознакомился.

2. Наблюдение видимого суточного вращения звездного неба.

Невооруженным глазом легче всего наблюдать видимое суточное вращение звездного неба по ярким звездам, расположенным вблизи небесного экватора, так как суточные параллели таких звезд будут самыми большими. Перемещение звезды легко обнаружить, если только предварительно заметить ее положение относительно каких-нибудь неподвижных и достаточно удаленных земных ориентиров (контур трубы, силуэт дерева и т. д.).

Еще быстрее можно обнаружить заметное перемещение звезды, если направить на нее звездную указку: уже через несколько минут звезда окажется значительно правее того места, на которое нацелена указка.

Учащимся можно предложить зарисовать в своих тетрадах положение какой-нибудь яркой звезды, расположенной в южной части неба невысоко над горизонтом, относительно неподвижных и достаточно удаленных земных ориентиров, а затем на тех же рисунках отметить новое положение этой звезды спустя 15—20 мин (рис. 96).

При выполнении этой работы преподаватель должен обязательно обратить внимание учащихся на то, что наблюдаемое ими перемещение светил с востока на запад является следствием истинного вращения Земли

в противоположном направлении (т. е. с запада на восток). Если наблюдения проводятся на астрономической площадке в течение часа, то полезно за это время сфотографировать околополярную область неба на широкую пленку (6×9 см) или фотопластинку. Для этого надо направить фотоаппарат на Полярную звезду и, закрепив его в таком положении, произвести съемку с длительной выдержкой. Полученный снимок будет подтверждать вращение Земли около оси, проходящей вблизи Полярной звезды.

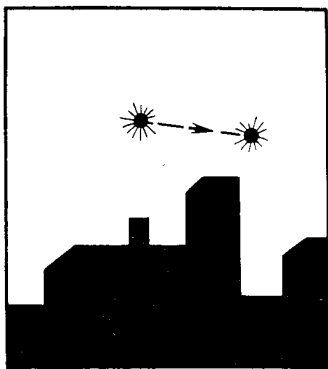


Рис. 96. Видимое перемещение звезды относительно неподвижных ориентиров.

3. Наблюдение метеорных потоков.

Наблюдать метеорные потоки лучше всего поздним летом или осенью, когда Земля встречает их на своем пути особенно часто. Для наблюдений нужно выбирать тихие безлунные вечера с ясным небом. Из пособий при этом могут потребоваться часы (секундомеры), звездные карты и простейшие угломерные приборы для приблизительной оценки длины светящихся следов метеоров. Очень полезными будут и метеорные рамки.

В простейшем случае учащихся можно распределить на несколько небольших групп и поручить каждой из них следить за метеорными потоками в определенной области неба. Однако желательно, чтобы ученики не ограничивались простым созерцанием картины, а пытались определить яркость, цвет и продолжительность полета метеоров. Отдельным учащимся можно поручить, кроме того, отмечать видимые пути метеоров на специально изготовленных для этой цели копиях звездной карты. Обстоятельства наблюдений должны регистрироваться в журналах наблюдений.

Еще лучше провести групповое наблюдение метеоров, принадлежащих какому-нибудь хорошо изученному и достаточно сильному метеорному потоку (Персеиды, Леониды, Гемениды и др.). Положение их радиантов и периоды максимальной активности приводятся во всех практических руководствах и учебниках по астрономии. В этом случае нужно предложить учащимся предварительно изготовить карты соответствующей области неба, а по результатам наблюдений определить положение радианта метеорного потока.

Наиболее заинтересованным учащимся можно впоследствии в качестве специального (домашнего) задания поручить наблюдения других метеорных потоков, в том числе и малоизученных.

4. Простейшие угломерные наблюдения.

Для выполнения таких наблюдений потребуются обыкновенные карманные (или ручные) часы и простейшие угломерные приборы (высотомер, угломерный прибор, нитяной пассажный инструмент, вертикальный квадрант), изготовление которых было описано в главе I.

Нужно предложить учащимся с помощью высотомера определить высоту нескольких ярких звезд, а с помощью угломерного прибора—угловое расстояние между

несколькими звездами, принадлежащими какому-нибудь созвездию. Для повышения точности измерений каждое определение надо повторять несколько раз и за окончательный результат брать среднее арифметическое из отдельных измерений.

С помощью нитяного пассажного инструмента учащиеся могут наблюдать кульминацию нескольких ярких звезд, отмечая по часам момент прохождения через меридиан каждой отдельной звезды. Как известно, звездное время в момент кульминации светила равно его прямому восхождению (верхняя кульминация) или отличается от него на 12 часов (нижняя кульминация). Поэтому регистрация момента кульминации звезды позволит путем пересчета декретного времени в звездное определить ее прямое восхождение.

Учащиеся должны сами определить прямые восхождения звезд, кульминацию которых они наблюдали, а потом сравнить свои результаты с табличными данными.

Если на астрономической площадке установлен вертикальный квадрант, то с его помощью можно организовать параллельные наблюдения кульминирующих звезд для определения их зенитных расстояний. При отсутствии квадранта можно определять зенитные расстояния кульминирующих звезд с помощью обычного высотомера. Зная широту места наблюдения и зенитные расстояния кульминирующих звезд, учащиеся затем определяют и их склонения. Таким образом, при наличии хорошо выверенных часов, нитяного пассажного инструмента и вертикального квадранта учащиеся могут приблизительно определить экваториальные координаты целого ряда достаточно ярких звезд и, следовательно, получить наглядное представление о том, как составляются звездные каталоги.

5. Определение полуденной линии с помощью гномона.

При суточном движении Солнца по небу тень от гномона постепенно меняет свое направление и длину. В истинный полдень она имеет наименьшую длину и показывает направление полуденной линии (проекции небесного меридиана на горизонтальную плоскость).

Зная долготу места и уравнивание времени на данный день (см. следующий пункт), можно заранее рассчитать момент наступления истинного полдня по декретному времени. Имея хорошо выверенные часы, идущие также

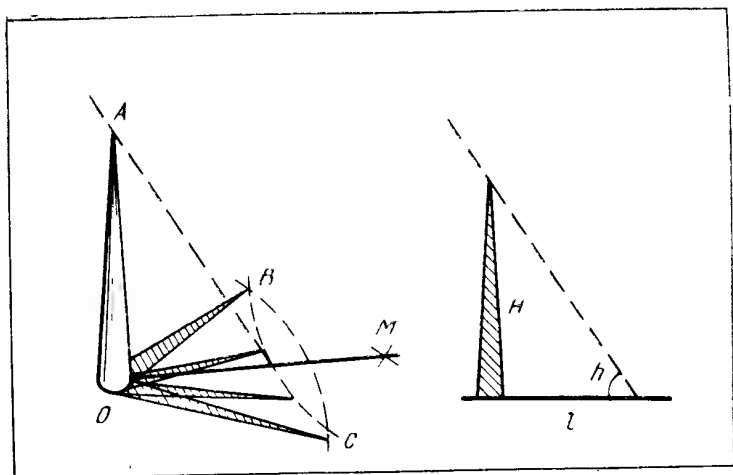


Рис. 97. Определение полуденной линии по тени от гномона.

по декретному времени, можно отметить в этот момент направление тени от гномона.

Такое наблюдение займет мало времени и будет весьма поучительным, если только учащиеся под руководством учителя предварительно сделают все необходимые расчеты.

Существует и другой, более простой способ определения направления полуденной линии, требующий, однако, длительных наблюдений. Нужно приблизительно с 10 часов утра начать следить за перемещением конца тени от гномона, отмечая каждые 40—50 мин его положение с помощью небольших колышков или меловых отметок (рис. 97). Наблюдения нужно продолжить до 3—4 часов дня. Если затем провести плавную линию через полученные отметки, то она будет довольно точно воспроизводить собой траекторию конца тени от гномона. Осталось найти направление наименьшего расстояния гномона от этой линии. Это можно сделать, проведя произвольным радиусом (с помощью нити AB , закрепленной на конце A гномона) дугу BC с таким расчетом, чтобы она пересекала в двух точках траекторию тени конца гномона. Если теперь из концов B и C этой дуги произвольным радиусом сделать две засечки, то их пересечение и

определил искомую точку M , через которую пройдет полуденная линия OM .

Если занятия в школе проводятся в первую смену, то наблюдения за тенью от гномона целесообразно проводить в перерывах между уроками, поручив эту работу отдельным учащимся.

6. Приближенное определение географических координат места наблюдения.

Это наблюдение проводят в ясный, солнечный день с помощью гномона, около которого уже отмечено по предыдущим наблюдениям направление полуденной линии. Наблюдение начинают незадолго до истинного полдня, наступление которого фиксируют в момент точного совпадения тени от гномона с полуденной линией по хорошо выверенным часам, идущим по декретному времени. Одновременно измеряют и длину тени от гномона.

По длине тени l от гномона (рис. 97) в истинный полдень и моменту его наступления T_d по декретному времени с помощью простых выкладок можно найти обе географические координаты места наблюдения. Предварительно из соотношения

$$\operatorname{tg} h = \frac{H}{l},$$

где H — высота гномона, находят высоту $h_{\odot}$ Солнца в истинный полдень. Затем по формуле

$$\varphi = (90^\circ - h_{\odot}) + \delta,$$

где δ — склонение Солнца (берется из астрономического календаря), вычисляют широту места φ .

Для определения долготы места λ используют формулу

$$\lambda = 12^h + \eta + (n+1) \cdot T_d + t_{\odot}^*,$$

где n — номер часового пояса,

η — уравнение времени на данный день.

* В истинный полдень $t_{\odot} = 0$.

§ 33. Ознакомительные наблюдения с биноклем

Призматический бинокль с 6—8-кратным увеличением, монтированный на небольшом азимутальном штативе, является очень ценным прибором для проведения разнообразных астрономических наблюдений. Обладая большой светосилой и широким полем зрения, он, как нельзя более, подходит для ознакомительных наблюдений различных объектов звездного мира. Кроме того, его с успехом можно использовать для наблюдений метеоров, достаточно ярких комет и искусственных спутников Земли. Большую пользу может принести бинокль и при наблюдениях лунных и солнечных затмений. Наконец, с его помощью можно увидеть спутники Юпитера и (в отдельных случаях) фазы Венеры. При выборе объектов для наблюдений нужно помнить о том, что призматический бинокль позволяет видеть звезды до 9-й звездной величины и имеет разрешение около 10—15".

1. Двойные звезды.

Приведем краткий перечень наиболее интересных двойных звезд, доступных наблюдениям в обыкновенный призматический бинокль.

Название звезды	Звездные величины компонентов	Угловое расстояние между компонентами
ζ и γ Большой Медведицы	2,2 и 5, ^m 0	707"
α Весов	2,9 и 5,3	231
ε Лиры	4,5 и 4,7	207
β Козерога	3,2 и 6,3	205
θ ₁ и θ ₂ Ориона	4,8 и 4,9	135
ν Дракона	5,0 и 5,0	62
δ Ориона	2,5 и 6,9	52
ζ Лиры	4,3 и 5,9	44
β Лебеда	3,2 и 5,4	35
ι Рака	4,2 и 6,6	30
ε Большой Медведицы	2,4 и 4,0	14
β Скорпиона	2,9 и 5,1	14

Демонстрируя учащимся двойные звезды, надо обязательно сообщать, какова звездная величина обоих компонентов, их цвет и угловое расстояние между ними. Желательно, чтобы учащиеся сделали зарисовки и необходимые записи в своих тетрадах.

2. Рассеянные звездные скопления.

С биноклем, обладающим, как известно, большим полем зрения (до 8°), очень удобно наблюдать рассеянные звездные скопления. Укажем наиболее интересные из них*.

Название	Экваториальные координаты		В каком созвездии находится
	γ	δ	
M45 (Плеяды)	3 ^h 45 ^m	+24°03'	Телец
M44 (Ясли)	8 39	+19 47	Рак
η и χ Персея	2 18	+57 02	Персей
Гиады	4 18	+15 35	Телец
M34	2 40	+42 40	Персей
M35	6 07	+24 20	Близнецы

Первые четыре из них хорошо видны даже невооруженным глазом. Особенно эффектно выглядят в поле зрения бинокля Плеяды. Желательно, чтобы учащиеся обязательно зарисовали его в свои тетради.

При наблюдениях нужно не только показывать учащимся те или иные скопления (это относится и к наблюдениям любых других объектов и не только в бинокль), но и попутно сообщать все основные о них сведения: размеры, расстояние от Земли и т. д. Соответствующий материал можно найти во многих книгах [22], [24], [32].

3. Шаровые звездные скопления и туманности.

Темным, безлунным вечером при совершенно чистом небе в призматический бинокль можно увидеть некоторые шаровые звездные скопления и туманности в виде небольших светлых пятнышек с расплывчатыми контурами.

Из шаровых скоплений для наблюдений в бинокль наиболее доступны: скопление M4 в Скорпионе ($\alpha=16^h 22^m$, $\delta=26^\circ 28'$), скопление M13 в Геркулесе ($\alpha=18^h 41^m$, $\delta=36^\circ 30'$), и скопление M22 в Стрельце ($\alpha=18^h 34^m$, $\delta=-23^\circ 59'$), а из туманностей — туманность M42 в Орионе ($\alpha=5^h 34^m$, $\delta=5^\circ 24'$) и туманность (галактика) M31 в Андромеде ($\alpha=0^h 41^m$, $\delta=+41^\circ 08'$). Еще лучше эти объекты наблюдать в бинокуюлярную трубу или телескоп.

* Координаты центра скопления даны для 1976 г.

4. Наблюдения Луны и Солнца.

При отсутствии телескопа призматический бинокль (особенно с восьмикратным увеличением) может быть использован и для ознакомления учащихся с основными образованиями лунной поверхности.

Точно так же в бинокль, окуляры которого снабжены темными защитными блендами, можно увидеть достаточно крупные пятна и группы пятен на поверхности Солнца. Однако все же применение бинокля для наблюдений Луны и Солнца из-за небольших увеличений, которые он дает, является скорее вынужденной, нежели желательной мерой. Правда, увеличение бинокля можно повысить в несколько раз путем применения дополнительных линз [22]. Но при этом заметно ухудшается качество изображения из-за резкого усиления главным образом хроматической аберрации.

Поэтому наблюдение Луны и Солнца в бинокль правильнее рассматривать как начальную стадию знакомства учащихся с этими небесными телами. При первой же возможности надо непременно организовать повторные наблюдения Луны и Солнца в телескоп.

5. Другие наблюдения с биноклем.

Большое удовольствие доставляет наблюдение цветных звезд. Приведем краткий перечень цветных звезд, доступных наблюдениям в призматический бинокль.

Название звезд	Кратность	Цвета
ρ Змеи	одиночная	светло-оранжевая
R Кассиопеи	»	красная
β Андромеды	»	желто-красная
66 Орла	»	оранжевая
70 Орла	»	оранжевая
19 Рыб	»	красная
α Гончих псов	двойная	желтая и лиловая
β Лебеда	»	желтая и голубая
η Персея	»	желтая и голубая
ι Рака	»	желтая и голубая

Если имеется объективная призма с преломляющим углом не более 15° , то ее можно использовать в соединении с биноклем для наблюдений спектров ярких звезд (до 3-й или 4-й звездной величины). Для этого призму

с помощью деревянной насадки (деревянное кольцо с двумя продольными пазами) нужно укрепить перед объективом бинокля. Вместо призмы в тех же целях можно использовать дифракционную решетку, имеющую от 10 до 100 делений на 1 мм. Такая решетка, поставленная перед объективом бинокля, дает в центре поля зрения изображение звезды, а справа и слева от него — последовательности постепенно растягивающихся спектров.

При наблюдениях спектров звезд с объективной призмой не следует забывать, что она поворачивает все лучи на угол наименьшего отклонения, и поэтому в поле зрения будут видны не те звезды, на которые направлен бинокль (бинокль надо повернуть на соответствующий угол).

Демонстрируя цветные звезды и спектры звезд, надо обязательно напомнить учащимся о спектральной классификации звезд и о связи цвета звезд с их поверхностной температурой.

Желательно конкретно для каждой наблюдаемой звезды указать ее температуру и спектральный класс, к которому она принадлежит. Не лишним будет также сообщить размеры звезды* и ее расстояние от солнечной системы. Такие сведения об объектах, полученные во время их наблюдения, обычно производят на учащихся большое впечатление и развивают интерес к науке астрономии.

С помощью призматического бинокля легко раскрывается звездная структура Млечного Пути, наблюдение которого доставит учащимся большое эстетическое наслаждение.

В бинокль можно увидеть четыре самых крупных спутника Юпитера (открытых еще Галилеем) и даже заметить фазы Венеры (вблизи ее нижнего соединения).

Пользуясь звездной картой, нетрудно обнаружить в бинокль планеты Уран и Нептун (Уран можно увидеть и невооруженным глазом).

Точно так же, пользуясь хорошим призматическим биноклем, можно обнаружить на небе (при подходящих условиях видимости) некоторые яркие астероиды и кометы.

* В сравнении с Солнцем.

Наконец, большую пользу может принести бинокль и при наблюдениях солнечных и лунных затмений. На организации и методике проведения наблюдений этих редких небесных явлений (в частности, и с помощью бинокля) мы остановимся ниже.

§ 34. Ознакомительные наблюдения с телескопом

Для многих ознакомительных телескопических наблюдений вполне достаточно школьного телескопа с отверстием 60—80 мм.

Однако для некоторых наблюдений (поверхности планет, тесные звездные пары и т. д.) очень желателен более сильный телескоп с диаметром объектива свыше 100 мм. В частности, таким телескопом может быть и достаточно мощный любительский рефлектор.

По своей тематике ознакомительные телескопические наблюдения во многом аналогичны наблюдениям с биноклем. Однако область применения телескопа намного шире, чем бинокля, особенно при наблюдениях Солнца, Луны и планет, для детального ознакомления с которыми нужны большие увеличения.

1. Наблюдения Солнца.

Если нет специального солнечного окуляра (гелиоскопа) и предполагается наблюдать Солнце в рефлектор, то объектив последнего необходимо задиафрагмировать до относительного отверстия $1/30$ — $1/45$; в противном случае от сильного жара линзы окуляра перегреются и треснут. Отличные результаты дает применение рефлектора, с зеркал которого снято отражательное покрытие. Наконец, для наблюдений Солнца можно использовать и самодельный телескоп с объективом из очкового стекла. Однако в любом случае для предохранения глаз на окуляр должна быть надета защитная бленда с темным стеклом (желательно нейтрального цвета). Наводить телескоп на Солнце очень удобно по тени, отбрасываемой его трубой. Важно, чтобы в поле зрения телескопа уместился весь солнечный диск; поэтому надо использовать окуляр, с которым телескоп дает увеличение не более 40—60 раз.

Для групповых демонстраций телескопического изображения Солнца целесообразно использовать солнеч-

ный экран с прикрепленным к нему листом белой бумаги. Экран должен быть хорошо затенен. Если телескоп установлен в павильоне, то надо постараться с помощью защитных штор по возможности закрыть все люковое отверстие, оставив только место для объектива телескопа. Тогда внутри павильона будет относительно темно, и изображение Солнца на экране получится контрастным и со многими деталями. Учащимся надо предложить зарисовать в своих тетрадях на заранее подготовленных кружках телескопическое изображение Солнца со всеми замеченными на нем деталями (пятна, факелы и т. д.).

Если у телескопа нет часового механизма, то нужен некоторый навык, чтобы вручную заставить трубу телескопа плавно следовать за суточным движением Солнца, так чтобы его изображение все время оставалось неподвижным на экране. Полезно, однако, на 1—2 мин оставить трубу телескопа неподвижной, чтобы по смещениям отдельного пятна показать учащимся направление суточной параллели. Зная это направление, нужно затем, пользуясь данными астрономического календаря, отметить на рисунке направление оси вращения и расположение экватора Солнца.

Желательно телескопические наблюдения Солнца вместе с необходимыми зарисовками повторить через два-три дня. Это позволит учащимся из своих наблюдений легко убедиться во вращении Солнца и получить представление о скорости и направлении его вращения. Демонстрация Солнца в телескоп должна сопровождаться необходимыми разъяснениями, которые в это время бывают особенно полезны. Учащиеся слушают их с большим вниманием и интересом.

Если имеется фотографическая камера, приспособленная для фотографирования Солнца, то ею надо воспользоваться, произведя на глазах учащихся съемку Солнца в телескоп (или предложив это сделать кому-нибудь из них). После обработки негатива диапозитивные отпечатки с него можно размножить в большом количестве (с помощью учащихся, занимающихся фотографией) и раздать всей группе для наклейки в рабочие тетради (или журналы наблюдений).

Очень полезно также хотя бы с помощью школьного спектроскопа прямого зрения, присоединенного к телескопу (с соблюдением необходимых мер предосторожно-

сти), показать спектр Солнца. Лучше всего это сделать, проектируя солнечный спектр (в затененном павильоне) на солнечный экран.

Наиболее заинтересованным учащимся впоследствии можно предложить заняться систематически наблюдениями Солнца, предоставив в их распоряжение необходимую аппаратуру и подробно проинструктировав о методике проведения таких наблюдений.

2. Наблюдения Луны.

Луна является наиболее доступным объектом для ознакомительных телескопических наблюдений. Даже небольшой телескоп при увеличении в несколько десятков раз позволяет увидеть на Луне громадное количество разнообразных деталей.

Наблюдения Луны в телескоп лучше всего проводить в то время, когда она находится приблизительно в первой или последней четверти. В это время вблизи терминатора из-за густых длинных теней поверхность Луны выглядит исключительно рельефно. Перед началом наблюдений учащиеся должны по карте Луны ознакомиться с основными образованиями ее поверхности: «морями», наиболее крупными кратерами и горными хребтами. Рассматривая поверхность Луны в телескоп, учащиеся должны увидеть на ней многие из этих деталей. Полезно предложить учащимся зарисовать в своих тетрадях какую-нибудь деталь (кратер, трещину и т. д.), расположенную у самого терминатора, а затем через 20—30 мин повторить зарисовку этого же участка поверхности. Сопоставляя оба рисунка, учащиеся легко убедятся в изменении вида этой детали из-за изменения условий освещения.

В заключение можно продемонстрировать учащимся какой-нибудь характерный участок лунной поверхности при большом увеличении. Так как (особенно вблизи полнолуния) изображение Луны в телескоп бывает очень ярким, то полезно на окуляр надевать слабую нейтральную бленду или же применять светофильтры (например, оранжевый или желтый).

Очень желательно в дополнение ко всему сфотографировать Луну в телескоп, как в главном его фокусе, так и с окулярным увеличением. Фотографировать Луну очень удобно на нормальную пленку, присоединяя к телескопу камеру зеркального малоформатного фотоаппа-

рата («Зенит» и др.). Полученные снимки Луны могут затем быть розданы учащимся для оформления рабочих тетрадей (или журналов наблюдений). Ознакомительные наблюдения Луны в телескоп полезно повторить спустя один-два дня, когда фаза Луны изменится и на ее поверхности будут видны новые детали.

3. Наблюдения планет.

В небольшие телескопы с отверстием 60—80 мм можно наблюдать фазы Венеры, некоторые детали на поверхности Юпитера и четыре его наиболее крупных (Галилеевых) спутника, диск и кольцо Сатурна и, наконец, диски Марса и Урана. Кроме того, на диске Марса вблизи эпохи его противостояния можно заметить некоторые «моря» и полярные шапки. Вообще говоря, в такие телескопы можно подметить и фазы Меркурия. Однако эту планету нельзя рекомендовать в качестве объекта для ознакомительных учебных наблюдений, так как из-за близости к Солнцу ее очень трудно (особенно в наших широтах) увидеть.

Успех в проведении телескопических наблюдений той или иной планеты зависит не только от оптической мощи применяемого телескопа, но и от условий видимости планеты. Поэтому, используя астрономический календарь, надо заранее выбрать время, благоприятное для проведения наблюдений каждой планеты в отдельности.

Ознакомительные наблюдения Венеры лучше всего проводить в период между ее элонгацией и нижним соединением: наблюдения внешних планет желательно приурочить к эпохе их противостояний. Из-за атмосферных помех наблюдать планету в телескоп можно только в том случае, когда ее высота над горизонтом будет не менее 20—25°. По этой же причине не рекомендуется применять сильные увеличения.

Наибольший интерес представляют наблюдения Юпитера и его спутников. Даже в небольшой телескоп с отверстием 60—80 мм на поверхности Юпитера хорошо видны экваториальные полосы, отчетливо заметно и сжатие планеты у полюсов. Надо порекомендовать учащимся зарисовать в своих тетрадях вид планеты в телескоп и расположение ее спутников.

Повторив наблюдение через 30—40 мин, учащиеся без труда обнаружат и изменения в положении спутников и вращение самой планеты.

Очень эффектно выглядит в телескоп Сатурн с его кольцом. В небольшие телескопы (с отверстием до 70—80 мм) на диске Сатурна почти ничего не видно и кольцо кажется сплошным. Но уже в телескоп с объективом в 100—115 мм на Сатурне заметно несколько слабых полос, а на кольце — щель Кассини. Из спутников Сатурна в небольшие телескопы видны Титан и Япет. В телескоп с отверстием 100—115 мм можно увидеть еще два спутника: Рею и Фетиду.

Большое удовольствие доставляет следить в телескоп за изменениями в системе спутников Юпитера и Сатурна. Затмения спутников Юпитера и их тени на диске планеты можно уверенно наблюдать даже в школьный 80-мм рефрактор. Для наблюдения этих же явлений в системе спутников Сатурна нужен значительно более мощный телескоп с отверстием не менее 150—165 мм.

В отличие от Юпитера и Сатурна весьма трудной планетой для телескопических наблюдений является Марс. Неопытный наблюдатель даже в сильный телескоп на диске этой планеты почти ничего не увидит (кроме, может быть, полярных шапок и слабых пятен). Поэтому неудивительно, что наблюдение Марса в небольшой телескоп обычно вызывает у учащихся (немало наслышанных об этой планете) чувство некоторого разочарования.

Преподаватель должен предвидеть это и заранее психологически подготовить учащихся к тому, что в школьный 80-мм рефрактор во время противостояния Марса на его диске они увидят полярные шапки и некоторые «моря» в виде слабых пятен с расплывчатыми контурами.

Вообще же основательно познакомиться с поверхностью Марса можно только приобретя предварительно некоторый опыт в визуальных телескопических наблюдениях планет и располагая достаточно сильным телескопом с отверстием не менее 150 мм.

4. Наблюдения двойных и кратных звезд.

Очень интересно наблюдать в телескоп двойные и кратные звезды, компоненты которых часто оказываются различными не только по блеску, но и по цвету. Для наблюдений двойных и кратных звезд надо выбирать темные, безлунные вечера с ясным небом. Воздух по возможности должен быть чист и спокоен, ибо при наблюдении многих тесных звездных пар необходимо применение возможно более сильных увеличений.

Трудность разрешения в телескоп тесной звездной пары зависит не только от расстояния между ее компонентами, но и от степени различия их блеска. Особенно трудно обнаружить слабый спутник около яркой звезды, изображение которой обычно окружено светлым ореолом с расходящимися от него в разные стороны лучами.

Приведем рекомендательный список двойных и кратных звезд для наблюдений в небольшие телескопы с объективами разного диаметра. При этом, конечно, в каждый более сильный телескоп можно наблюдать и все звезды, указанные для меньших телескопов. Указанные в этом

Для 60-мм телескопа

Звезды	Звездная величина составляющих	Расстояние между составляющими
ϵ Лирь	5 — 6 ^m	207"
θ Ориона	5 — 5,5	135
θ_2 Ориона	5,5 — 6,5	52
ν Скорпиона	4,3 — 7	40
β Лебеда	3,4 — 6	34
θ_1 Ориона	5,6 — 7,8	9 и 21
α Гончих Псов	3,2 — 5,7	20
γ Дельфина	3,4 — 6	11
γ Андромеды	2,2 — 5,5 — 6,5	10 и 0,5
95 Геркулеса	5,5 — 5,8	6
α Близнецов	2,5 — 3 — 9,5	5,6 и 73
δ Большого Пса	2,1 — 7,5	225
η Кассиопеи	4 — 7	6,7
α Геркулеса	4,1 — 5,5	4,7

Для 80-мм телескопа

Звезды	Звездная величина составляющих	Расстояние между составляющими
ξ Волопаса	4,5 — 6,5 ^m	4", 2
θ Дракона	4,7 — 8,5	32
γ Персея	4,2 — 8,5	28
δ Геркулеса	3,6 — 8	18
θ Цефея	3,4 — 8	14
54 Гидры	5,2 — 8	9
λ Ориона	3,5 — 6	4,5
ϵ Геркулеса	4 — 5,5	3,7
ζ Водолея	3,5 — 4,4	3,5
γ Льва	2,5 — 4	3
ϵ Волопаса	2,4 — 6,5	2,9

списке объекты расположены в порядке возрастания трудности их наблюдения (например, в 60-мм телескоп очень легко разрешить ϵ Лиры и очень трудно — δ Большого Пса, η Кассиопеи и α Геркулеса).

Для 110-мм телескопа

Звезды	Звездная величина составляющих	Расстояние между составляющими
α Малой Медведицы	2 — 9 ^m ,5	18"
ϵ Персея	3,3—8,5	9
β Ориона	1 — 9	9,5
δ Близнецов	3,8—8	7
ν Большой Медведицы	3,3—10	7
ρ Ориона	5,2—8	6,8
ψ Лебеда	5,3—8	3,5
α Рыб	4 — 5	3,2
α Скорпиона	1,7—7	3,3
ζ Ориона	2 — 6,5	2,5
$\circ$ Цефея	5,4—8	2,5
δ Лебеда	2,9—8	1,6
ϵ Овна	5 — 6	1,3

5. Наблюдение цветных звезд.

Выше мы уже останавливались на наблюдениях цветных звезд с помощью бинокля. Телескоп позволяет увидеть значительно большее количество цветных звезд и более уверенно оценивать их цвет. Для наблюдений необходимо выбирать звезды, находящиеся не слишком близко от горизонта, чтобы по возможности уменьшить вредное влияние атмосферы. Кроме того, объектив телескопа должен в значительной мере быть свободным от хроматической аберрации. Поэтому наилучшим инструментом для наблюдений цветных звезд является телескоп-рефлектор. Приведем краткий список наиболее красивых цветных звезд, наблюдение которых весьма желательно.

Цветные двойные звезды

γ Андромеды	оранжевая, зеленая, голубая
α Гончих Псов	желтая и лиловая
β Лебеда	золотисто-желтая и сапфирная
α Геркулеса	рубиновая и изумрудная
ϵ Гидры	желтая и голубая

ζ Лиры	желтая и зеленая
α Скорпиона	оранжевая и зеленая
94 Водолея	розовая и голубая
52 Лебеда	оранжевая и голубая
χ Близнецов	оранжевая и голубая
54 Гидры	желтая и фиолетовая
η Персея	желтая и голубая
ψ Дракона	желтая и лиловая
γ Кассиопеи	желтая и пурпурная
ν Большой Медведицы	желтая и голубая
β Ориона	белая и голубая
δ Геркулеса	белая и фиолетовая
ε Волопаса	желтая и красноватая

Цветные одиночные звезды

α Тельца	оранжевая
α Скорпиона	красная
α Волопаса	оранжевая
α Ориона	красная
α Возничего	желтая
α Малого Пса	желтая
R Кассиопеи	красная
β Андромеды	желто-красная
19 Рыб	красная

Демонстрируя в телескоп различные цветные звезды, необходимо напоминать учащимся о зависимости цвета звезды от ее поверхностной (цветовой) температуры.

Полезно предложить учащимся поупражняться в определении цвета и на основании этого — в приближенной оценке поверхностных температур наблюдаемых цветных звезд.

Целесообразно также указать учащимся на принадлежность каждой наблюдаемой звезды к тому или иному спектральному классу. Это разъяснение полезно сопровождать демонстрацией спектров некоторых наиболее ярких звезд с помощью небольшого спектроскопа, присоединенного к телескопу. Разрешающая способность спектроскопа должна быть небольшой, так чтобы можно было увидеть сразу весь спектр звезды. Для этой цели вполне подойдет, в частности, школьный спектроскоп прямого зрения.

6. Наблюдение звездных скоплений и туманностей.

Для ознакомительных наблюдений звездных скоплений и туманностей телескоп подходит в значительно большей мере, нежели бинокль. Многие звездные скопле-

ния, видимые в бинокль как небольшие светлые пятна, даже в небольшой телескоп школьного типа разрешаются на отдельные звезды. Туманности также видны в телескоп значительно более отчетливо, нежели в бинокль.

Для наблюдения звездных скоплений, а в особенности туманностей, необходимо выбирать темные, безлунные ночи и вечера с совершенно чистым небом. Если для наблюдения шаровых звездных скоплений полезны более или менее сильные увеличения, то для наблюдения некоторых рассеянных звездных скоплений, и в особенности туманностей, необходимо применять самые слабые окуляры. Такие наблюдения необходимо проводить в полной темноте.

Учащимся можно предложить сделать зарисовки телескопического вида отдельных звездных скоплений и туманностей. Рисунки туманностей надо выполнять на листах белой бумаги мягким карандашом: сначала наметить контур наблюдаемой туманности, а затем произвести растушевку. Хорошие результаты получаются при выполнении таких рисунков светлым (лучше всего белым) карандашом на листах черной (например, употребляемой для заворачивания фотоматериалов) бумаги.

Краткий перечень наиболее интересных рассеянных звездных скоплений, доступных для наблюдений в бинокли, приведен выше. Ниже приводится краткий перечень наиболее интересных шаровых звездных скоплений и туманностей для наблюдений в небольшие телескопы.

Шаровые звездные скопления

Название	Экваториальные координаты		Интегральная яркость	В каком созвездии находится
	α	δ		
M4	16 ^h 22 ^m	—26°28'	4 ^m ,4	Скорпион
M22	18 34	—23 57	6,5	Стрелец
M13	16 41	+36 30	6,8	Геркулес
M5	15 17	+ 2 10	7,0	Змея
M3	13 41	+28 30	7,2	Гончие Псы
M2	21 32	— 0 56	7,3	Водолей
M15	21 29	+12 04	7,3	Пегас
M10	16 56	— 4 04	7,6	Змееносец
M12	16 46	— 1 55	7,9	Змееносец

Туманности

Название	Координаты		Интегральная яркость	В каком созвездии находится
	α	δ		
Газово-пылевые туманности				
M42	5 ^h 34 ^m	— 5°24'	4 ^m ,0	Орион
M8	18 03	—24 20	5,8	Стрелец
M17	18 19	—16 11	7,0	Стрелец
M27	19 59	+22 39	7,6	Лисичка
M57	18 53	+33 00	9,3	Лира
Другие галактики				
M31	0 41	+41 08	4,3	Андромеда
M33	1 33	+30 32	6,2	Треугольник
M81	9 54	+69 11	7,9	Большая Медведица

В этой и во всех предыдущих таблицах экваториальные координаты объектов указаны для 1976 года. Более подробный перечень звездных скоплений и туманностей можно найти в литературе [1], [2].

§ 35. Тематические наблюдения невооруженным глазом

Для проведения описываемых здесь наблюдений вполне достаточно простейшего оборудования астрономической площадки. Многие из них должны проводиться систематически в течение длительного времени и завершиться несложной обработкой полученных результатов. Все эти наблюдения могут быть предложены отдельным учащимся в качестве специальных (домашних) заданий.

1. Наблюдения за изменением высоты Солнца в полдень.

Эти наблюдения проводятся с целью получения фактического материала, наглядно иллюстрирующего изменение высоты Солнца в истинный полдень (а значит, и изменение его положения относительно небесного экватора) с течением времени.

Наблюдения должны охватывать промежуток времени в несколько месяцев (еще лучше — целый год) и проводиться регулярно с интервалом в 10—15 дней. Желатель-

но, чтобы они были проведены, в частности, 21 марта, 22 июня, 23 сентября и 22 декабря (или, если не позволяет погода, вблизи этих дат), когда Солнце либо пересекает небесный экватор, либо наиболее удалено от него.

Каждое отдельное наблюдение состоит в определении высоты Солнца в истинный полдень и производится с помощью гномона или высотомера. С этой же целью можно использовать вертикальный квадрант.

Результаты наблюдений оформляются в виде таблицы, в которой в одной графе проставляют даты, а в двух других — высоты Солнца в истинный полдень и его склонения. Для вычисления склонения Солнца ($\delta_{\odot}$) используется формула

$$\delta_{\odot} = \varphi + h_{\odot} - 90^{\circ}, \quad (20)$$

где φ — географическая широта места наблюдения,
 $h_{\odot}$ — высота Солнца в истинный полдень.

Для наглядности на основании этой таблицы могут быть построены графики изменения полуденной высоты Солнца и его склонения со временем. Желательно (для сравнения) построить аналогичные графики и по данным, взятым из астрономического календаря.

Подводя итог проделанной работе, преподаватель должен обратить внимание учащихся на то, что наблюдавшееся ими непрерывное изменение полуденной высоты Солнца, (а значит, и его склонения) является следствием наклона оси вращения Земли к плоскости ее орбиты и что найденное ими из наблюдений наибольшее отклонение Солнца от небесного экватора и есть тот угол ($23^{\circ}27'$), который земная ось образует с направлением, перпендикулярным к плоскости ее орбиты.

2. Наблюдения видимого движения Луны.

Наблюдения проводятся с той целью, чтобы подметить характерные особенности видимого движения Луны и определить траекторию этого движения среди звезд.

Для проведения наблюдений нужны ручные (или карманные) часы и копия карты экваториальной полосы неба (от склонения -30° до склонения $+30^{\circ}$) с нанесенными на ней зодиакальными созвездиями (можно ограничиться изображением звезд до 2-й или 3-й звездной величины) и эклиптической. Кроме того, для наблюдений кульминаций Луны потребуется нитяной пассажный инструмент, описанный в первой главе.

Отметив по выверенным часам время двух-трех последовательных кульминаций Луны, учащиеся легко установят, что каждая последующая кульминация происходит приблизительно на 48 мин позже предыдущей (следствие весьма быстрого видимого перемещения Луны в прямом направлении к востоку).

Для определения траектории видимого движения Луны среди звезд нужно каждые сутки (если только позволяет погода) на протяжении почти месяца (от новолуния до новолуния) отмечать положение Луны среди звезд на заранее подготовленной карте звездного неба (с указанием даты и времени). По окончании наблюдений все последовательные положения Луны соединяют плавной линией, которая и будет представлять собой траекторию видимого движения Луны среди звезд.

Нужно обратить внимание учащихся на то, что наибольшее отклонение этой траектории от эклиптики составляет приблизительно 5° (следствие того, что плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости земной орбиты под углом в $5^\circ 8'$) и что расстояние между двумя последовательными положениями Луны, разделенными интервалом в одни сутки, равно в среднем 13° (угловая величина суточного пути Луны).

Полезно также напомнить, что точки пересечения эклиптики с изображенной на карте траекторией движения Луны есть узлы ее орбиты, и предложить учащимся, пользуясь этой картой, приближенно определить время, когда Луна находилась в этих узлах.

3. Наблюдения видимого движения планет.

Основной целью таких наблюдений является определение траекторий видимого движения планет среди звезд. На копиях соответствующих участков звездной карты должны быть указаны звезды до 4—5-й звездной величины, чтобы можно было более точно регистрировать положения наблюдаемой планеты. В виду более медленного, в сравнении с Луной, перемещения планет среди звезд сами наблюдения должны охватывать промежутки времени в два-три месяца. Исключение из этого правила может быть сделано только для Венеры, обладающей наиболее заметным видимым движением (не учитывая Меркурий, который для таких наблюдений, конечно, не подходит), и отчасти для Марса, скорость видимого движения которых также значительна.

Регистрацию положения Венеры и Марса надо по возможности производить каждые сутки, а Юпитера и Сатурна — с интервалом в несколько суток. При наличии подробной карты можно проследить и за перемещением Урана. Однако Уран перемещается среди звезд очень медленно, и придется либо увеличить период наблюдений, либо применить бинокль.

Результаты наблюдений будут особенно интересными, если преподаватель (справившись по астрономическому календарю) укажет учащимся такой промежуток времени для их проведения, в течение которого наблюдаемая планета переходит от прямого движения к попятному (или наоборот), описывая на небе петлю. Важно, чтобы учащиеся правильно истолковали это явление.

4. Наблюдения метеоров.

Для учебных целей целесообразно организовать наблюдения хорошо изученных и достаточно обильных метеорных потоков (Персеиды, Геминиды, Квадрантиды, Леониды и др.).

Для проведения наблюдений нужно иметь копии карт определенных участков неба, обычные ручные часы, небольшой фонарик и тетрадь для записей (или специальный журнал наблюдений).

Для наблюдений метеоров наиболее удобны звездные карты, вычерченные в гномонической проекции. Такие карты могут быть приобретены в отделениях ВАГО. Наблюдатели должны наносить на карту следы всех замеченных метеоров из наблюдаемого потока, а в журнале наблюдений вести необходимые записи (порядковый номер пролетевшего метеора, время, яркость следа, его длительность и т. д.). С этой целью журнал наблюдений должен быть разграфлен следующим образом:

№ п.п	Дата	Время появления метеора	Длительность полета	Яркость следа	Наблюдатель	Примечания
1	13.X.67	23 ^ч 15 ^м	1,5с	2	Иванов	

В зависимости от обстоятельств наблюдения могут продолжаться либо в течение одной ночи (вечера), либо в течение нескольких ночей и вечеров.

В заключение по отмеченным на карте следам находят положение радианта метеорного потока, а полученный результат сличают с данными из справочника или каталога.

* * *

Невооруженным глазом можно проводить и учебные наблюдения наиболее ярких (и, конечно, хорошо изученных) переменных звезд. В частности (в виде специальных домашних заданий), учащимся можно порекомендовать заняться тренировочными наблюдениями таких переменных звезд, как β Персея (Алголь) и β Лиры. Позднее они могут переключиться на наблюдения звезд δ Цефея и ζ Близнецов, а также заняться обработкой полученных результатов (см. § 36, п. 5).

§ 36. Тематические наблюдения с биноклем и телескопом

Применение биноклей и телескопов значительно расширяет тематику учебных астрономических наблюдений и делает их более содержательными и интересными.

Остановимся кратко на некоторых из них.

1. Телескопические наблюдения Луны.

Такие наблюдения могут быть поставлены прежде всего с целью детального ознакомления с характерными образованиями лунного рельефа. Для проведения таких наблюдений, кроме телескопа, нужна еще достаточно подробная карта Луны. Наблюдения могут быть поставлены на одном из школьных телескопов. Еще лучше использовать с этой целью более сильный телескоп (хотя бы 150-мм самодельный рефлектор).

Так как многие образования лунной поверхности хорошо заметны лишь при косом их освещении солнечными лучами, т. е. вблизи терминатора, то, чтобы подробно ознакомиться с лунным рельефом, учащиеся должны проводить систематические (по возможности ежедневные) наблюдения Луны при разных ее фазах в течение месяца, обращая внимание главным образом на области, расположенные вблизи терминатора и отождествляя увиденное с картой Луны. Такие визуальные наблюдения полезно дополнять каждый раз фотографированием Луны в главном фокусе телескопа на узкую пленку с помощью

подсоединенного к нему корпуса зеркального фотоаппарата.

Очень полезной и весьма интересной работой являются систематические наблюдения и зарисовки какой-нибудь определенной области лунной поверхности при разных условиях ее освещения. Такие наблюдения должны проводиться также при разных фазах Луны. При этом целесообразно использовать слабые нейтральные бленды и некоторые (например, красный, оранжевый и желтый) светофильтры. Объектами таких наблюдений (по выбору наблюдателя) могут быть лунные «моря», горные хребты или отдельные цирки и кратеры. В частности, очень полезно заняться наблюдениями и зарисовками кратеров Архимед, Аристарх, Тихо и Альфонс.

Полезной тренировочной работой будет и глазомерное фотометрирование различных объектов лунной поверхности, особенно вблизи полнолуния.

С этой целью можно использовать весьма распространенную 11-балльную шкалу, в которой балл 10 соответствует самой яркой точке (центральная горка в цирке Аристарх), баллы 9 и 8 — точкам меньшего блеска, 7 и 6 — белой поверхности, 5 и 4 — ярко-серой, 3, 2 и 1 — серой, 0 — черной тени. При фотометрировании можно применять различные светофильтры, а если имеется интегральный фотометр (хотя бы самодельный, описанный в главе III), то можно использовать и его. Фотометрирование лунной поверхности (особенно при использовании светофильтров и фотометра) может дать материал, ценный и в научном отношении.

Из других работ учебного характера, связанных с наблюдениями Луны, можно отметить определение высоты лунных гор по измерениям теней от них и наблюдение покрытий звезд Луною. Последняя работа при наличии хорошо поставленной службы времени и телескопа с отверстием не менее 70—80 мм может иметь и научную ценность. Определение же высоты лунных гор по их теням преследует чисто познавательные цели.

С методикой выполнения этой работы можно ознакомиться в литературе [1].

2. Наблюдения Солнца.

Учебные тематические наблюдения Солнца можно производить с самыми малыми телескопами, в том числе и с самодельными телескопами из очковых стекол. От-

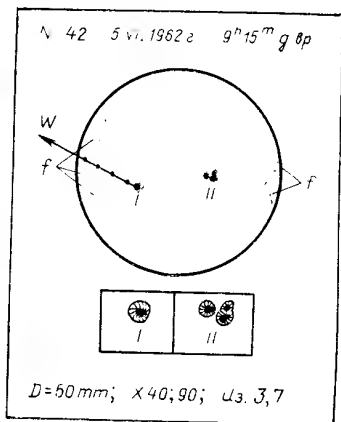


Рис. 98. Рисунок Солнца по наблюдениям в небольшой телескоп.

личным инструментом для наблюдений Солнца является рефлектор, с зеркал которого снято отражательное покрытие. Во всех случаях нужно соблюдать необходимые меры предосторожности, о которых уже говорилось выше (§ 34).

Солнце удобнее наблюдать в утренние часы, когда воздух еще относительно спокоен и телескопические изображения весьма устойчивы. Можно наблюдать и в полдень, но при этом придется продолжительное время, не отводя глаз от окуляра, дожидаться моментов хороших изображений.

С учебной целью можно организовать систематические наблюдения солнечных пятен и факелов. Желательно, чтобы эти наблюдения охватывали промежутки времени в несколько месяцев. Такие наблюдения могут быть прямыми, когда наблюдатель рассматривает изображение Солнца непосредственно в телескоп, снабженный темной защитной блендой, и делает зарисовки на шаблонных кружках стандартных размеров (рис. 98); либо с помощью проектирования изображения Солнца на экран, на котором предварительно укрепляют лист белой бумаги с нарисованной окружностью нужного размера.

Целью каждого отдельного наблюдения является тщательная регистрация всех обнаруженных пятен и факелов на солнечном диске. Если впоследствии имеется в виду определение координат солнечных пятен, то на рисунках должно быть указано еще и направление суточной параллели (по траектории отдельного пятна при неподвижном телескопе). Каждый рисунок Солнца с пятнами желательно дополнять зарисовками деталей строения отдельных крупных пятен и групп пятен. Эти зарисовки (если позволяют атмосферные условия) целесообразнее делать при более сильных увеличениях. Каждый рисунок должен быть пронумерован и снабжен краткой записью

обстоятельств наблюдения (время и дата, качество изображения, примененные увеличения и т. д.).

Собранный наблюдательный материал впоследствии должен быть подвергнут первичной обработке с целью получения чисел Вольфа. Для этого рисунки Солнца располагают в порядке возрастания их порядковых номеров и на каждом из них подсчитывают количество всех (как одиночных, так и входящих в группы) пятен (f) и количество их групп (g). Затем по формуле $W = 10g + f$ для каждого рисунка подсчитывают относительное число Вольфа (W), характеризующее пятнообразовательную активность Солнца. Результаты заносят в таблицу.

№ п/п	Дата	Время	Число групп (g)	Число пятен (f)	Число Вольфа (W)	Изображение	Примечания

Если наблюдения продолжались длительное время, то нужно затем подсчитать средние числа Вольфа на каждый месяц и каждый год. Полезно также эти результаты оформить в виде графиков в прямоугольной системе координат, откладывая по оси абсцисс время, а по оси ординат — числа Вольфа. При достаточной аккуратности и опытности наблюдателя такие наблюдения Солнца (при условии, если они однородны и продолжаются длительное время) могут иметь и научную ценность.

3. Наблюдения Юпитера.

Из планет наиболее доступным объектом для наблюдений в небольшие телескопы является Юпитер. Вблизи эпохи противостояния эта планета особенно ярка, а ее угловые размеры превышают $40''$. Поэтому диск Юпитера хорошо виден не только в самые слабые телескопы, но и в призматический бинокль.

С учебной целью можно рекомендовать в первую очередь следующие наблюдения:

- 1) наблюдение вращения Юпитера;
- 2) знакомство с поверхностью Юпитера;
- 3) наблюдения за явлениями в системе спутников Юпитера.

Наблюдение вращения Юпитера требует телескопа с отверстием не менее 70—80 мм. При увеличении около

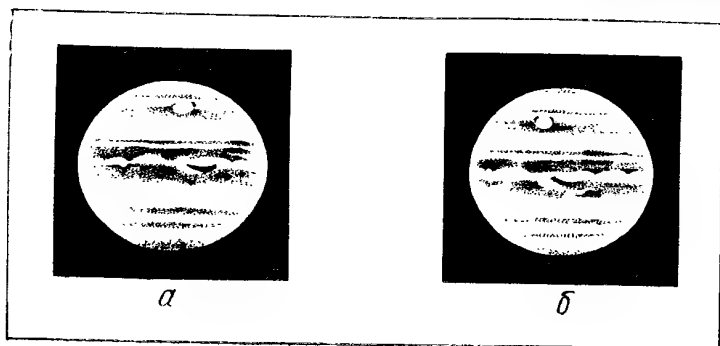


Рис. 99. Вращение Юпитера по наблюдениям автора в 165-мм рефлектор:

а — 19.IX 1963 г. 19ч35м; б — 19.IX 1963 г. 20ч05м

80—120 раз на заранее заготовленный шаблонный овал зарисовывают телескопический вид поверхности Юпитера. При этом особенно тщательно фиксируют положение одной-двух каких-нибудь особенно заметных деталей. Спустя 20—30 мин рисунок повторяют. Сопоставление обоих рисунков покажет заметное перемещение контрольных деталей справа налево (при перевернутом телескопическом изображении), т. е. действительное вращение планеты против часовой стрелки (рис. 99).

Для ознакомления с поверхностью Юпитера нужны более или менее длительные наблюдения при хороших атмосферных условиях в телескоп с отверстием не менее 100 мм и с увеличениями в 150—200 раз.

Крайне желательно визуальные наблюдения Юпитера сопровождать зарисовками его поверхности на заранее заготовленные овалы стандартных размеров. Такие овалы можно нарисовать на листах белой бумаги, обводя остро отточенным карандашом картонный шаблон в форме эллипса размером приблизительно 50×45 мм. Такой размер овалов является стандартным, и для него существуют прозрачные координатные сетки, с помощью которых впоследствии можно определить координаты различных деталей поверхности Юпитера, изображенных на рисунках.

Наблюдения Юпитера с зарисовками его поверхности надо проводить в течение нескольких вечеров (или но-

чей) с интервалами в 20—30 мин. Для более отчетливого выявления отдельных деталей полезно использовать желтый и оранжевый светофильтры. Сама техника визуальных наблюдений планет в телескоп требует, кроме аккуратности и терпения, определенной тренировки и некоторого искусства. Обычно начинающий наблюдатель, рассматривая планету даже в сильный телескоп, на ее диске почти ничего не видит. Объясняется это и отсутствием тренированности, и «волнением» телескопического изображения из-за беспокойства атмосферы.

И только постепенно в результате длительной практики приобретается необходимый опыт мгновенного улавливания и «запоминания» детальной картины, открывающейся в поле зрения телескопа в моменты успокоения изображения. Таких моментов приходится терпеливо дожидаться, не отводя глаз от окуляра порой в течение нескольких минут, чтобы тут же, увидев и «запомнив» виденное, немедленно зафиксировать все это на рисунке.

Рисунки Юпитера, собранные за период наблюдений, должны быть обработаны с помощью стандартной координатной сетки и соответствующих данных переменной части (на данный год) астрономического календаря.

В результате будут определены широты полос и полярных шапок, а также планетографические координаты ряда характерных деталей его видимой поверхности. При наличии достаточного наблюдательного материала можно составить карту поверхности Юпитера на период наблюдений. Такое картографирование по результатам тщательно выполненных наблюдений с достаточно сильным телескопом может иметь и научную ценность.

С обстоятельным изложением методики обработки наблюдений Юпитера и других планет читатель может ознакомиться по книге В. А. Бронштэна «Планеты и их наблюдение» [26].

Наблюдения за явлениями в системе спутников Юпитера требуют достаточно сильного телескопа с отверстием не менее 100—150 мм. Особенно интересны наблюдения покрытия спутников планеты и прохождения спутников перед Юпитером.

В последнем случае (рис. 100) большое удовольствие доставляет следить за перемещением тени от спутника перед движущимся диском Юпитера. Эти наблюдения могут носить случайный характер, но их можно и специально

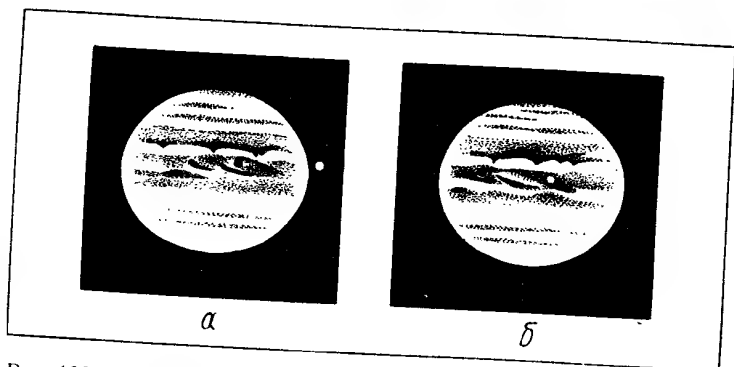


Рис. 100. Прохождение одного из спутников Юпитера перед его диском по наблюдениям автора в 165-мм рефлектор:
 а — 27.VIII. 1963 г. 21^ч45^м; б — 27.VIII. 1963 г. 22^ч30^м

организовать, воспользовавшись соответствующими данными из переменной части астрономического календаря. При проведении таких наблюдений полезно делать серию зарисовок и хронометрировать характерные моменты с помощью хотя бы обыкновенных, но хорошо выверенных карманных часов.

В качестве дополнительной работы желательно поставить (хотя бы эпизодическое) детальное фотометрирование поверхности Юпитера. Такое фотометрирование может проводиться либо по методу глазомерных оценок в семибалльной шкале, либо с помощью интегрального фотометра.

4. Наблюдения Сатурна, Венеры и Марса.

Наиболее благоприятным временем для наблюдений Сатурна и Марса являются также эпохи их противостояний, а для наблюдений Венеры — период между наибольшей элонгацией и нижним соединением. Кроме того, условия видимости этих планет в наших умеренных широтах существенно зависят от положения, занимаемого ими относительно небесного экватора. Если та или иная планета имеет отрицательное склонение, то условия ее видимости мало благоприятны, ибо планета будет находиться низко над горизонтом и из-за атмосферных помех телескопические наблюдения ее будут сильно затруднены. Напротив, планета с положительным склонением будет кульминировать высоко над горизонтом, и, следовательно-

но, ее телескопические изображения будут более устойчивыми и четкими. Исходя из этого Сатурн и Юпитер, о которых мы говорили выше, лучше всего наблюдать во время осенних, весенних и в особенности зимних противостояний. То же самое можно сказать и о наблюдениях Марса.

Марс бывает особенно близок к Земле во время так называемых великих противостояний, которые повторяются через каждые 15 и 17 лет. Однако эти противостояния бывают всегда летом, когда Марс, обладая отрицательным склонением, находится весьма низко над горизонтом. Поэтому в наших умеренных широтах его удобнее наблюдать во время обычных противостояний, происходящих каждые 2 года в осеннее, зимнее или весеннее время, когда Марс кульминирует на значительном удалении от горизонта. Правда, Марс при этом находится от нас несколько дальше, чем при великих противостояниях, но зато его телескопические изображения оказываются намного чище и спокойнее.

Можно рекомендовать следующие учебные телескопические наблюдения Сатурна, Венеры и Марса:

1) наблюдения и зарисовки Сатурна с кольцом и спутниками (рис. 101);

2) наблюдения за перемещениями спутников Сатурна;

3) наблюдения за изменением фаз Венеры;

4) наблюдения и зарисовки телескопического вида Венеры с деталями терминатора и облачного покрова;

5) наблюдения и зарисовки телескопического вида Марса с различными деталями на его поверхности.

Методика организации и проведения таких наблюдений была достаточно подробно изложена выше, поэтому мы ограничимся дополнительными замечаниями.

Наблюдения и зарисовки Сатурна с кольцом и спутниками можно проводить с любым телескопом, отверстие

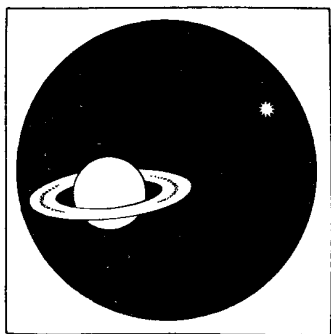


Рис. 101. Вид Сатурна в самодельный рефлектор (ученический рисунок).

которого не менее 60 мм, но если имеется возможность, то лучше использовать для этой цели более сильный телескоп, чтобы учащиеся могли увидеть раздвоение колец и некоторые детали на диске Сатурна. С этой же целью полезно применить слабый желтый или оранжевый светофильтр.

Наблюдения за перемещением спутников Сатурна аналогичны наблюдениям за перемещением спутников Юпитера, однако требуют более сильного телескопа, кроме того, они должны разделяться одно от другого более продолжительными интервалами, ибо спутники Сатурна обладают менее заметным видимым движением, нежели галилеевы спутники Юпитера.

Наблюдения за изменением фаз Венеры должны охватывать промежуток времени в полтора-два месяца и проводиться с интервалом в несколько дней между отдельными наблюдениями.

Вблизи нижнего соединения наблюдения следует проводить чаще, ибо скорость изменения фазы Венеры растет вместе с убыванием фазы. Из-за слишком большого блеска телескопические наблюдения Венеры лучше проводить в сумерки, не дожидаясь наступления темноты. По этой же причине полезно использовать слабые бленды или светофильтры.

Для наблюдений терминатора и облачного покрова Венеры нужен телескоп с отверстием не менее 80 мм. Желательно проводить эти наблюдения регулярно в течение всего периода видимости Венеры. Рисунки следует делать на листах белой бумаги, на которых предварительно должны быть проведены окружности диаметром 50 мм (такого размера имеются прозрачные координатные сетки, прилагаемые ко многим практическим руководствам).

Телескопические наблюдения Марса наиболее трудны и требуют от наблюдателя, помимо определенного навыка, большого терпения и аккуратности. Для наблюдений Марса желателен телескоп с отверстием не менее 100 мм. Очень полезно использовать оранжевый и зеленый светофильтры. Через оранжевый светофильтр легче наблюдать марсианские «моря» и «каналы», а через зеленый — полярные шапки.

Рисунки Марса надо делать на шаблонных кружках диаметром 50 мм. Полезно хотя бы некоторые из них выполнить в красках или цветными карандашами.

5. Наблюдения переменных звезд.

Учебные наблюдения переменных звезд имеют большое мировоззренческое значение, убеждая учащихся в том, что мир звезд, представляющийся на первый взгляд образцом неподвижности и неизменности, в действительности подвержен изменениям. Важно и то, что среди переменных звезд, доступных скромным оптическим средствам учебной астрономической обсерватории, наряду с хорошо изученными звездами имеется немало и таких, наблюдения которых до сих пор еще не утратили своего научного значения.

Поэтому наблюдения переменных звезд не только полезны с педагогической точки зрения, но и чрезвычайно перспективны: приобретя определенный опыт в учебных наблюдениях хорошо изученных переменных звезд, учащиеся смогут переключиться на наблюдения малоизученных звезд и тем самым оказать помощь науке.

Для наблюдений из затменных переменных звезд в первую очередь подойдут β Персея (Альголь), β Лиры и λ Тельца, а из физических переменных — δ Цефея, ζ Близнецов, η Орла (цефеиды) и σ Кита, R Гидры, R Льва. Необходимые сведения об изменении блеска этих звезд на каждый год можно почерпнуть из «Школьного астрономического календаря».

Непосредственной целью наблюдения переменных звезд является возможно более точное определение их блеска в момент наблюдения. Простейший (и в то же время весьма точный) метод определения блеска переменных звезд заключается в сравнении их блеска с блеском звезд сравнения.

Этот метод может осуществляться по способам Аргеландера, Пиккеринга или Нэйланда—Блажко [1], [3] и др.

Наиболее совершенным из них является способ Нэйланда—Блажко. При наблюдениях переменной звезды по этому способу используют две звезды сравнения: более яркую и более слабую. Интервал блеска между ними делят на то количество степеней, на которое оценивает наблюдатель, пользуясь методом Аргеландера. Так, например, если звезда α на 2 степени ярче β , а последняя на 3 степени ярче γ , то записывают $\alpha 2\beta 3\gamma$. В общем случае будет запись $\alpha n \beta t \gamma$, что соответствует величине интервала между блеском звезд сравнения, равным $n + t$ степеней.

Учащиеся могут приступить к наблюдениям переменных звезд по способу Аргеландера (как наиболее легкому), а затем переключиться на наблюдения по способу Нэйланда — Блажко.

Долгопериодические переменные звезды можно наблюдать с интервалом в 10—15 сут. Вблизи дня максимума наблюдения нужно проводить чаще (лучше всего каждые сутки, если только позволяет погода). Остальные типы переменных звезд желательно наблюдать каждый ясный вечер, производя за один вечер 3—4 оценки, в особенности вблизи минимумов затменных переменных звезд и максимумов цефеид.

Приступая к наблюдениям какой-нибудь переменной звезды, учащиеся должны начертить в журнале наблюдений карту окрестностей с рекомендуемыми звездами сравнения и записать их звездную величину.

Записи наблюдений удобно делать по следующей схеме:

№ п/п	Дата	Декретное время	Оценки блеска	Инструмент	Примечания

В таких наблюдениях очень мешает посторонний свет, поэтому записи надо делать со слабым фонарем или даже в полной темноте. В последнем случае полезен картонный трафарет с прямоугольными вырезами в нужных местах (по строкам), накладываемый при записях на бумагу.

Учащиеся должны не только наблюдать переменные звезды, но и обрабатывать свои наблюдения. Простейший прием обработки наблюдений переменной звезды, который в первую очередь и может быть рекомендован учащимся, сводится: 1) к определению звездной величины переменной звезды через звездные величины звезд сравнения в момент каждого отдельного наблюдения; 2) к построению кривой ее блеска.

То и другое делается весьма просто. Пусть, например, в некоторый момент времени блеск переменной звезды V сравнивался с блеском звезд сравнения α и β , звездные величины которых соответственно равны m_α и m_β , и по

способу Нэйланда—Блажко была получена оценка $\alpha 3V5\beta$. Чтобы найти звездную величину m_V звезды V , нужно сначала вычислить в звездных величинах значения x одной степени блеска. Так как интервал $m_\beta - m_\alpha$ соответствует 8 степеням блеска, то

$$x = \frac{m_\beta - m_\alpha}{8}.$$

Поскольку звезда V на 3 степени слабее α и на 5 степеней ярче звезды β , то окончательно получаем:

$$m_V = m_\alpha + 3x = m_\beta - 5x.$$

В общем случае из оценки $\alpha_p V q \beta$, очевидно, получим:

$$m_V = m_\alpha + \frac{p(m_\beta - m_\alpha)}{p + q},$$

или

$$m_V = m_\beta - \frac{q(m_\beta - m_\alpha)}{p + q}.$$

Применяя любую из этих формул, нетрудно определить звездную величину переменной звезды для момента каждого отдельного наблюдения, выраженного в сутках и их долях. Результаты всех вычислений сводят в таблицу.

№ п/п	Момент наблюдения	Звездная величина переменной звезды

На основании полученных данных строят график изменения блеска наблюдавшейся переменной звезды с течением времени.

Построение этого графика, называемого кривой блеска переменной звезды, можно делать в произвольном масштабе и лучше всего на миллиметровой бумаге (рис. 102).

В заключение заметим, что в целях практического ознакомления учащихся с современными методами астрофизики крайне желательно вслед за наблюдениями переменных звезд методом глазомерных оценок блеска поставить и учебные наблюдения с применением фотометров (хотя бы самодельных).

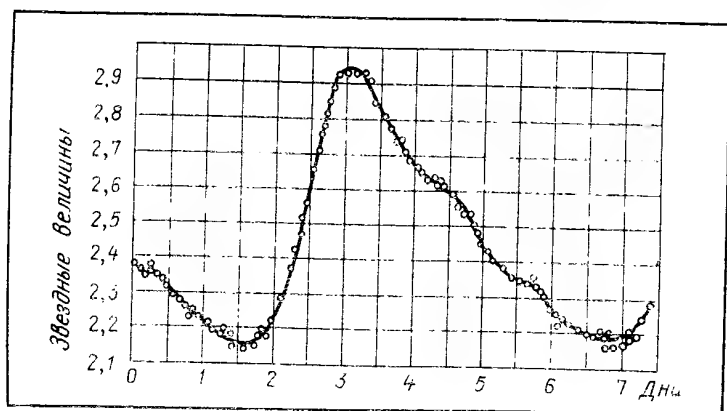


Рис. 102. Кривая блеска δ Цефея.

Целесообразно также организовать в дальнейшем и фотографические наблюдения переменных звезд. Для учебных целей съемки можно делать на катушечную пленку. Постановка таких наблюдений требует достаточно сильного телескопа на параллактической установке.

6. Простейшие колориметрические наблюдения цветных звезд.

В целях практического ознакомления учащихся с методами астрофизики весьма желательна организация простейших колориметрических наблюдений цветных звезд в бинокли и небольшие телескопы с применением специально подобранных светофильтров одинаковой плотности. Рекомендательные списки цветных звезд, являющихся вполне подходящими объектами для таких наблюдений, были приведены выше (§ 34).

С учебной целью полезно разработать количественную (числовую) шкалу цветов звезд, в которой и выражать затем результаты отдельных наблюдений. Такой шкалой, в частности, может быть условная шкала показателей цвета, базирующаяся на применении красного и зеленого (или желтого) светофильтров. В этом случае цвет наблюдаемой звезды будет определяться ее показателем цвета (условным), равным разности ее фотовизуальных величин через зеленый и красный светофильтры:

$$c = m_{\text{зел}} - m_{\text{кр}},$$

где c — условный показатель цвета звезды,
 $m_{\text{зел}}$ — ее фотовизуальная величина через зеленый
светофильтр,
 $m_{\text{кр}}$ — то же, но через красный светофильтр.

Очевидно, что в этой условной шкале для звезд ранних спектральных классов (голубые, белые) $c < 0$, а для звезд поздних спектральных классов (желтые, красные) $c > 0$.

Для проведения таких наблюдений с телескопом желателен звездный фотометр (или электрофотометр). Впрочем, можно обойтись и без фотометра, если, поместив светофильтр в фокальной плоскости телескопа, закрыть им половину поля зрения. Затем, приводя на эту половину наблюдаемую звезду, сравнить ее блеск с блеском звезд сравнения, наблюдаемых без светофильтра на второй половине поля зрения.

Если наблюдения проводят с биноклем, то светофильтром закрывают лишь один его окуляр, через который и рассматривают наблюдаемую звезду, в то время как через другой окуляр наблюдают звезду сравнения.

Учащимся можно предложить небольшой перечень достаточно ярких цветных звезд для определения условного показателя цвета каждой из них. Впоследствии полезно сопоставить результаты наблюдений одних и тех же цветных звезд различными учащимися.

§ 37. Учебные фотографические наблюдения

Очень интересны и чрезвычайно полезны учебные фотографические наблюдения. Для их проведения необходима соответствующая аппаратура и фотолабораторное оборудование.

В первую очередь рекомендуется поставить следующие учебные фотографические наблюдения:

- 1) фотографирование Луны в главном фокусе телескопа и с окулярным увеличением;
- 2) фотографирование планет в телескоп с окулярным увеличением;
- 3) фотографирование Солнца в главном фокусе телескопа и с окулярным увеличением;
- 4) фотографирование некоторых участков звездного неба короткофокусной фотокамерой.

Кроме того, возможны фотографические наблюдения редких небесных явлений (солнечные и лунные затмения, кометы и т. д.) и ярких искусственных спутников Земли.

Фотографирование Луны в главном фокусе телескопа удобнее всего производить на нормальную пленку средней чувствительности (45—60 ед. ГОСТа) с помощью зеркальной малоформатной камеры.

При фотографировании труба телескопа остается неподвижной, так как выдержка составляет не более 0,1 с. Для фотографических наблюдений более всего пригоден рефлектор.

При фотографировании в рефрактор необходимо применять сенсibilизированные пленки. Во всех случаях полезно употреблять светофильтры (в особенности желтый и оранжевый). Луну лучше всего фотографировать при неполной ее фазе (см. вклейку 4), когда видна область вблизи терминатора, богатая подробностями. Разумеется, при проекционной печати негативное изображение Луны должно быть увеличено от 5 до 10 раз.

При фотографировании Луны с окулярным увеличением необходимо применять слабый окуляр. В зависимости от диаметра объектива телескопа и чувствительности фотопленки выдержка при съемке может достигать 0,3—0,5 с.

Все же в большинстве случаев (если не гнаться за слишком большими увеличениями) фотографировать удастся при неподвижной трубе телескопа (небольшой сдвиг изображения во время съемки вполне компенсируется его дрожанием от беспокойства воздуха). Фотографировать можно как на широкую, так и на нормальную пленку. В последнем случае в кадре умещается только часть поверхности Луны. При проекционной печати негативное изображение дополнительно увеличивается в несколько раз. При фокусном расстоянии объектива 1,5—2 м общее увеличение системы (включая и увеличение при проекционной печати) может достигать 200—300 раз.

В телескоп с окулярным увеличением можно фотографировать и планеты. Особенно хорошие результаты могут получиться при работе с рефлектором. Применение корпуса зеркального пленочного фотоаппарата здесь особенно целесообразно, так как, с одной стороны, это дает возможность видеть телескопическое изображение планеты непосредственно перед съемкой (и, значит, выби-

рать для нее моменты наибольшего успокоения изображения), а с другой стороны, позволяет легко и быстро в случае надобности произвести целую серию съемок. Последнее особенно важно, ибо в действительности обычно приходится каждый снимок дублировать по нескольку раз, а впоследствии при проекционном печатании из серии однотипных негативов (кадров) выбирать наилучший по качеству.

Неспокойствие земной атмосферы, в значительной степени затрудняющее проведение визуальных телескопических наблюдений, особенно вредно сказывается при фотографировании поверхностей планет в телескоп с окулярным увеличением. За тот небольшой промежуток времени продолжительностью в несколько десятых долей секунды, в течение которого длится съемка, изображение планеты обычно настолько замывается, что многие тонкие детали ее поверхности, хорошо видимые при визуальных наблюдениях, на снимке вообще не получаются. Уменьшить же выдержку при съемке за счет повышения чувствительности фотопленки можно только до некоторого предела, ибо вместе с чувствительностью пленки растет и ее зернистость. Поэтому обычно приходится довольствоваться золотой серединой, производя фотографирование на пленку чувствительностью от 90 до 180 единиц ГОСТа при выдержке от 0,1 с (для Венеры) до 0,7—1 с (для Юпитера и Марса).

Применение зеркальной пленочной камеры и многократное дублирование каждого снимка позволяет до некоторой степени преодолеть указанное затруднение. В целом же фотографирование планет в телескоп является делом трудным, требующим большого навыка и значительной затраты труда и времени.

При фотографировании Солнца, как в главном фокусе телескопа, так и с окулярным увеличением, целесообразно использовать корпус зеркального пленочного фотоаппарата. Чтобы при этом не повредить шторный затвор фотоаппарата, необходимо не только диафрагмировать объектив рефрактора, но и дополнительно ослабить солнечный свет плоскопараллельным нейтральным фильтром, расположив его вблизи фокальной плоскости телескопа. Густота фильтра в зависимости от чувствительности пленки и светосилы телескопической системы подбирается опытным путем.

Очень хорошие результаты получаются при фотографировании Солнца в рефлектор, с зеркального объектива которого снято отражательное покрытие. Для съемок Солнца нужно применять пленку самой малой чувствительности (не выше 45 единиц ГОСТа). Выдержка обычно не достигает и 0,01 с.

С помощью светосильной фотографической камеры, монтированной либо на трубе телескопа с параллактической установкой, либо (в простейшем случае) на экваториальном столике, можно производить учебное фотографирование различных участков звездного неба. Для этой цели вместо стеклянных пластинок вполне можно использовать широкую катушечную пленку высокой чувствительности. Выдержка при съемке может достигать нескольких десятков минут. Если установка лишена часового механизма (или электропривода), то гидирование осуществляется вручную с помощью микрометрических ключей. Объектами для съемки в первую очередь могут быть звездные скопления, некоторые туманности, а также отдельные участки Млечного Пути.

§ 38. Наблюдения редких астрономических явлений

Огромное познавательное и воспитательное значение имеют учебные наблюдения редких небесных явлений. Сведения о многих из них (появление комет, наступление солнечных и лунных затмений) заблаговременно сообщаются в астрономических календарях [36], [37]. Остановимся кратко на организации и проведении таких наблюдений.

1. Наблюдения лунных затмений.

Учебные наблюдения лунных затмений могут проводиться невооруженным глазом, в бинокль и в телескоп. В последнем случае необходимо применять небольшое увеличение, чтобы в поле зрения окуляра мог уместиться весь диск Луны. Учащиеся должны, имея листы бумаги с заранее начерченными на них одинаковыми окружностями, изображающими диск Луны, через небольшие промежутки времени (15—20 мин) зарисовывать вид Луны в течение затмения с указанием момента зарисовки. Полезно эти рисунки делать красками или цветными карандашами. При наличии телескопа и карты Луны можно,

кроме того, следить за перемещением земной тени по лунной поверхности и регистрировать моменты погружения в тень отдельных кратеров и других характерных деталей. Наконец, полезно в течение всего затмения следить за изменением блеска Луны с помощью перевернутого бинокля, снабженного слабым нейтральным фильтром, или при помощи шарикового фотометра, конструкцию которого предложил Н. Ф. Флоря.

При наблюдении Луны в перевернутый бинокль (окулярами к Луне) ее изображение становится точечным, а блеск значительно ослабляется. Применение слабых нейтральных фильтров приводит к дополнительному ослаблению ее блеска, так что последний уже может сравниться с блеском достаточно ярких звезд сравнения по одному из способов, применяемых при глазомерных оценках блеска переменных звезд.

Шариковый фотометр Н. Ф. Флоря состоит из нескольких отполированных металлических шариков (от подшипников), расположенных на достаточном удалении (не менее 2—3 м) от наблюдателя. Последний наблюдает на них блики от Луны и сравнивает их блеск с блеском заранее подобранных звезд сравнения.

Наблюдения изменения блеска Луны во время затмения как с помощью перевернутого бинокля, так и с помощью шарикового фотометра очень содержательны и интересны. Кроме того, они могут иметь и научную ценность (особенно если их проводить с помощью светофильтров).

При наблюдении лунного затмения удобно использовать корпус узкоплечного зеркального фотоаппарата, выполняя с его помощью серию снимков Луны во время затмения в главном фокусе телескопа. Интервалы между снимками должны составлять 15—20 мин, а время выполнения каждого из них должно отмечаться по часам и регистрироваться в журнале наблюдений.

2. Наблюдения солнечных затмений.

Наблюдения солнечных затмений с учебной целью можно также производить либо невооруженным глазом, либо с помощью бинокля или телескопа (со слабым увеличением). Во всех случаях глаза должны быть защищены темными стеклами.

В простейшем случае можно ограничиться зарисовками хода затмения на листах бумаги с заранее начерчен-

ными на них одинаковыми окружностями, изображающими диск Солнца, выполняя один рисунок за другим с интервалом 10—15 мин. Такие зарисовки очень удобно делать, проецируя изображение Солнца на экран, накрытый очередным листом с вычерченной на нем окружностью.

Если ожидается полное затмение, то во время полной фазы надо постараться пронаблюдать и зарисовать солнечную корону. Очень полезно сфотографировать Солнце в момент наступления полного затмения.

Для этой цели можно использовать и фотоаппарат и телескоп с фотоаппаратом. Для надежности нужно сделать несколько снимков с разными экспозициями. Величина экспозиции существенно зависит и от чувствительности пленки, и от светосилы телескопической системы. В частности, хорошие результаты можно получить при фотографировании солнечной короны в главном фокусе телескопа умеренной светосилы ($1/10$ — $1/15$) на пленку средней чувствительности при выдержке 0,5—1,5 с.

Кроме того, в качестве дополнительной и очень интересной работы, можно поручить отдельным учащимся в течение всего хода затмения вести наблюдения за изменением температуры, давления и влажности воздуха с помощью специальных приборов, имеющихся в комплекте географической площадки.

3. Наблюдение комет.

Яркие кометы, видимые невооруженным глазом, появляются на небе очень редко. Поэтому нужно ориентироваться в основном на наблюдения телескопических комет, наиболее яркие из которых могут наблюдаться в небольшой телескоп и даже в бинокль в виде более или менее ярких туманных пятен.

С учебной целью можно следить за перемещением кометы среди звезд, отмечая ее последовательные положения в течение периода видимости на копии соответствующего участка достаточно подробной звездной карты (для таких наблюдений очень удобен большой звездный атлас А. А. Михайлова).

Можно также зарисовать телескопический вид кометы или попытаться сфотографировать ее с помощью светосильного астрографа. Наконец, если комета достаточно ярка, можно заняться наблюдениями ее спектра с помощью небольшого присоединенного к телескопу спектроскопа.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Общие руководства

1. Астрономический календарь. Постоянная часть. М., «Наука», 1973.
2. Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. М., «Наука», 1971.
3. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., «Наука», 1973.
4. Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики. М., «Наука», 1967.
5. Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., «Наука», 1974.
6. Гинзбург В. Л. Современная астрофизика. М., «Наука», 1970.
7. Методы астрономии. Под ред. В. А. Хилтнера. М., «Мир», 1967.

К главам I, II, III

8. Набоков М. Е. Методика преподавания астрономии. М., Учпедгиз, 1955.
9. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. М., «Просвещение», 1965.
10. Методика преподавания астрономии в средней школе. При ред. участии Б. А. Воронцова-Вельяминова и М. М. Дагаева. М., «Просвещение», 1973.
11. Баранов А. И. Школьный астрономический городок. М., Госиздат, 1925.
12. Преподавание астрономии в школе. М., «Просвещение», 1965.
13. Максutow Д. Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. М., ГИТТЛ, 1948.
14. Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя. М., «Наука», 1975.
15. Навашин М. С. Самодельный телескоп-рефлектор. М., ГИТТЛ, 1953.
16. Навашин М. С. Инструкция к изготовлению самодельного телескопа-рефлектора. Издание ВАГО, М., 1962.
17. Любительские телескопы. Под ред. М. М. Шемякина. М., «Наука», 1975.
18. Любительское телескопостроение. Под ред. М. С. Навашина. М., «Наука», вып. I (1964), вып. II (1966).

19. Новиков И. Д., Шишаков В. А. Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними. М., «Наука», 1965.
20. Физический эксперимент в школе. М., «Просвещение», 1973.
21. Стонг К. Л. Самодельный телескоп-рефлектор с металлическим зеркалом. М., «Мир», 1965.

К главе IV

22. Набоков М. Е. Астрономические наблюдения с биноклем. М., Гостехиздат, 1948.
23. Глазенап С. П. Другам и любителям астрономии, ОНТИ, М., 1936.
24. Яхно Г. С. Наблюдения и практические работы по астрономии. М., «Просвещение», 1965.
25. Шаронов В. В. Природа планет. М., Физматгиз, 1958.
26. Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. М., Гостехиздат, 1957.
27. Паренаго П. П., Кукаркин Б. В. Переменные звезды и способы их наблюдения. М., Гостехиздат, 1948.
28. Шаронов В. В. Солнце и его наблюдение. М., Гостехиздат, 1953.
29. Вокулер Ж., Тексеро Ж. Фотографирование небесных тел. М., «Наука», 1967.
30. Исследование планеты Юпитер. Под ред. В. А. Бронштэна. М., «Наука», 1967.
31. Цесевич В. П. Переменные звезды и способы их исследования. М., «Педагогика», 1970.
32. Дагаев М. М. Наблюдения звездного неба. М., «Наука», 1975.
33. Практические работы по звездной астрономии. Под ред. П. Г. Куликовского. М., «Наука», 1971.
34. Агекян Т. А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков. М., «Наука», 1972.
35. Михайлов А. А. Атлас звездного неба. Л., «Наука», 1974.
36. Астрономический календарь ВАГО. Переменная часть. М., «Наука» (ежегодник).
37. Школьный астрономический календарь. М., «Просвещение» (ежегодник).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Создание учебной астрономической обсерватории	
§ 1. Общие соображения	5
✓ § 2. Планировка и оборудование астрономической площадки	8
§ 3. Астрономические павильоны	15
§ 4. Телескопы для учебной астрономической обсерватории	25
§ 5. Дополнительное оборудование учебной астрономической обсерватории	31
Глава II. Самодельные телескопы	
§ 6. Вводные замечания	38
§ 7. Общие замечания по изготовлению любительского телескопа-рефлектора	40
§ 8. Шлифовка главного зеркала	44
§ 9. Полировка главного зеркала и придание ему точной сферической формы	50
§ 10. Серебрение зеркала	57
§ 11. Изготовление оправы главного зеркала, окулярного устройства и трубы телескопа	61
§ 12. Установки для любительских телескопов	69
§ 13. Сборка телескопа и его юстировка	78
§ 14. Электропривод на полярную ось	79
§ 15. Конструирование любительских телескопов из готовой оптики	81
§ 16. Регулировка параллактической установки	86
§ 17. Испытание телескопа	87
§ 18. Правила обращения с телескопом	90
Глава III. Изготовление вспомогательных приборов и принадлежностей к телескопам	
§ 19. Вводные замечания	93
§ 20. Приспособления для быстрой смены светофильтров и бленд	94
§ 21. Приспособления для фотографирования светил в главном фокусе и с окулярным увеличением	95
§ 22. Фотоприставка с кассетой для съемок на узкую пленку	98
§ 23. Солнечные экраны и камеры	99

§ 24. Короткофокусный астрограф с объективом фабричного изготовления	103
§ 25. Ступенчатый клиновой фотометр для визуального фотометрирования Луны планет	105
§ 26. Универсальный визуально-поляризационный фотометр	109
§ 27. Электрофотометр с двухламповым услителем	111
§ 28. Трубочатый фотометр для калибровки пленочных негативов	120
§ 29. Двухпризменный спектроскоп	123
§ 30. Дополнительное замечание	125
Глава IV. Методика организации и проведения учебных астрономических наблюдений	
§ 31. Вводные замечания	127
§ 32. Ознакомительные наблюдения невооруженным глазом	130
§ 33. Ознакомительные наблюдения с биноклем	137
§ 34. Ознакомительные наблюдения с телескопом	141
§ 35. Тематические наблюдения невооруженным глазом	150
§ 36. Тематические наблюдения с биноклем и телескопом	154
§ 37. Учебные фотографические наблюдения	167
§ 38. Наблюдения редких астрономических явлений	170
<i>Рекомендуемая литература</i>	173

ИБ № 951.

Николай Константинович Андрианов
Аркадий Данилович Марленский

Школьная астрономическая обсерватория

Редактор Л. Л. Величко
Художник П. П. Перевалов
Художественный редактор Т. А. Алябьева
Технический редактор В. В. Новоселова
Корректоры О. С. Захарова, Р. Б. Штутман.

Слано в набор 27/V 1976 г. Подписано к печати 3/II 1977 г.
84×108^{1/32}. Бумага тип. № 2. Печ. л. 5,5+0,125 вкл. Ус.
п. л. 9,24+0,21 вкл. Уч.-изд. л. 9,60+0,31 вкл. Тираж
40 тыс. экз. А 03130. Зак. 6418.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Просвещение» Государственного
комитета Совета Министров РСФСР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Типография издательства «Горьковская правда»,
г. Горький, ул. Фигнер, 32.

Цена 29 коп



1. Электропривод 240-мм rifling-машин.

2. Становые 240-мм и 165-мм rifling-машин, изготовленные Н. В. Андриановым.

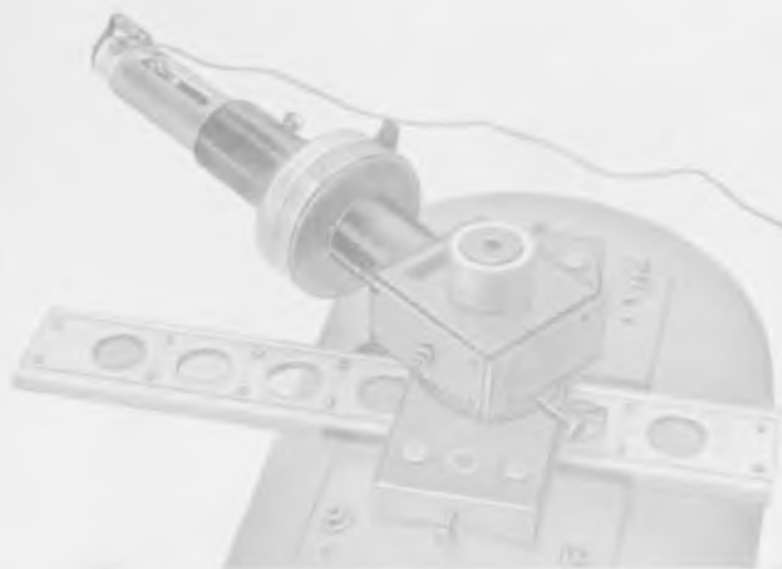




1. Позитивное изображение фотоконтролируемого светила в какабо-
ничном круге.

2. Снимок Луны в 105-мм рефлектор с окулярным увеличением





а Общий вид акустического поляризованного фотометра, присоединенного к 240-мм рефлектору.

б Электрофотометр, подготовленный для детального фотометрирования Луны и планет (присоединен к 240-мм рефлектору).





7. Рамка со сфотографированной и фокусирующей.

8. Яскарофотометр, приспособленный для «интегральной фотометрии» света в пучке (присоединен к 240-мм рефлектору)

